

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra robototechniky 354

Konstrukční návrh laparoskopického robotického operačního  
nástroje se třemi klouby

The Mechanical Design of Laparoscopy Robotic Surgical Tool  
with Three Joints

Student:

David Kaňok

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Ladislav Kárník, CSc.

Ostrava 2011







### **Prohlášení studenta**

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě : .....

.....

podpis studenta

## Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě :.....

.....  
podpis

David Kaňok  
Košetice 25  
747 75 Velké Heraltice

## **ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

Kaňok D. Konstrukční návrh laparoskopického robotického operačního nástroje se třemi klouby, Fakulta strojní VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2010, 57 s. Bakalářská práce, vedoucí Ing. Ladislav Kárník, Csc.

Navázání na téma BP „Návrh a pevnostní kontrola vybraných částí mechanismu radiofrekvenčního operačního nástroje“. Jedná se o návrh robotického operačního nástroje pro realizaci chirurgických zákroků. Laparoskop by měl sloužit k mini-invazivním laparoskopickým zákrokům resekce metodou RFA v oblasti dutiny břišní převážně pak v oblasti jater. Nástroj musí splňovat kompatibilitu s elektrochirurgickým radiofrekvenčním generátorem RITA. Nástroj by neměl příliš řádově přesahovat finanční hodnotu dosavadně vyráběných nástrojů tohoto typu a zároveň i nepřesahovat náklady na provoz než jsou u předchozích řešení.

## **ANNOTATION OF BACHELOR THESIS**

Kaňok D. The Mechanical Design of Laparoscopy Robotic Surgical Tool with Three Joints, Ostrava: Department of Robotics, Faculty of Mechanical Engineering VŠB – Technical University of Ostrava, 2011, 57 p. Thesis, head: Ing. Ladislav Kárník, Csc.

Follow-up BT on "Design and strength check of selected parts of the operating mechanism of RF tools. This is a proposal for operating a robotic instrument for the implementation of surgical procedures. Laparoscope should be used to mini-invasive surgery using RFA resection the abdominal cavity, mainly in the liver area. Instrument Compatibility Directives must comply with radio frequency electro surgical generator Rita. The tool does not exceed the financial value of the order of the previously manufactured instruments of this type and also of no operating costs than in previous solutions.

# Obsah

	Strana
Seznam použitého značení a zkratk:.....	10
Úvod.....	12
1 Současný stav řešení.....	14
1.1 Metoda RFA.....	14
1.2 Aplikace RFA.....	14
1.2.1 1. perkutánní RFA.....	15
1.2.2 laparoskopická RFA.....	16
1.2.3 RFA při laparotomii.....	16
1.3 Příklady konstrukce laparoskopů.....	18
1.3.1 Příklady řešení kloubů.....	18
2 Podmínky a vybavení.....	19
2.1 Trokar.....	19
2.2 Rita 1500X.....	20
2.3 Průběh laparoskopické operace.....	21
3 Požadavkový list:.....	24
4 Návrh přístroje.....	25
4.1 Výběr optimální varianty.....	25
4.1.1 Varianta 1.....	25
4.1.2 Varianta 2.....	26
4.1.3 Varianta 3.....	26
4.2 Hodnotová analýza.....	27
5 Konstrukční řešení zbývajících částí.....	30
5.1 Habibové pouzdro.....	30
5.2 Joystick.....	31
5.2.1 Kryt joysticku.....	31
6 Výpočet momentů a reakčních sil ve vetknutí.....	32
6.1 Varianta 1.....	32
6.2 Varianta 2.....	33
6.3 Varianta 3.....	35
6.4 Varianta 4.....	36
7 Kontrola namáhaných částí.....	39
7.1 Kontrola ozubených kol s hřebenem.....	39



7.1.1	Návrh modulu .....	39
8	Ovládání laparoskopu .....	41
9	Montáž .....	43
9.1	Montáž funkční části laparoskopu .....	43
9.2	Montáž kloubové části .....	44
9.3	Montáž Habibového pouzdra .....	45
9.4	Montáž joysticku .....	46
9.4.1	Sestavení rotačních tlačítek .....	46
9.4.2	Sestavení hřídele .....	48
9.4.3	Posuvná sestava .....	50
9.4.4	Pravá strana joysticku .....	51
10	Diskuze .....	52
11	Závěr .....	53
12	Seznam použité literatury .....	55
13	Seznam příloh .....	57
13.1	Kontrolní výpočty .....	57
13.2	Výkresová dokumentace .....	57
13.3	V elektronické podobě .....	57

## Seznam použitého značení a zkratk:

Zkratka	Význam	Jednotky
BP	bakalářská práce	-
CT	Počítačová tomografie	
ČSN	česká národní norma	-
ISO	celosvětové normy	- -
RFA	radiofrekvenční ablace	-
RF	radiofrekvenční	
VTs	videothoraskopie	-
$\alpha$	úhel záběru	°
$\beta$	úhel sklonu zubu	°
$\gamma$	úhel orientace kloubu 1	°
$\eta$	úhel orientace kloubu 2	°
r	vzdálenost mezi kloubem 1 a kloubem 2	mm
R	vzdálenost od kloubu 2 do hrotu jehel	mm
L	vzdálenost od vetknutí ke kloubu 1	mm
d <sub>1</sub>	průměr roztečné kružnice pastorku	mm
d <sub>2</sub>	průměr roztečné kružnice kola	mm
d <sub>a1</sub>	průměr hlavové kružnice pastorku	mm
d <sub>a2</sub>	průměr hlavové kružnice kola	mm
b <sub>1</sub>	šířka kružnice pastorku	mm
b <sub>2</sub>	šířka kružnice kola	mm

---

$m$	modul ozubení	-
$z$	počet zubů	-
$B$	šířka hřebenu	mm
$l_1$	délka hřebenu	mm
$F_j$	síla působící na jednu jehlici	N
$F_c$	celková zatěžovací síla	N
$F_x$	zatěžovací síla v ose x	N
$F_y$	zatěžovací síla v ose y	N
$f$	součinitel tření	-
$n_s$	otáčky	ot/min <sup>-1</sup>
$v_H$	rychlost hřebenu	m.s <sup>-1</sup>

## Úvod

V poslední čtvrtině století zaznamenala laparoskopická chirurgie jater poměrně velký rozvoj a dosáhla výrazných úspěchů v léčbě benigních i maligních onemocnění jater. Tento trend byl způsoben nejen rozvojem nových technik a přístrojů, ale rovněž výrazným zlepšením pooperační péče o tyto nemocné. Jako v každé chirurgické disciplíně se i zde prosazují nové mini invazivní přístupy, které jsou v určitých případech výhodnější než přístup klasický – otevřený. Jedním z nejvýznamnějších miniinvazivních přístupů je laparoskopie, která se plně uplatňuje v chirurgii již od roku 1985 (v ČR 1990), kdy byla poprvé provedena laparoskopická cholecystektomie. U tohoto výkonu nahradil laparoskopický přístup z větší části přístup otevřený, který se však stále využívá u komplikací laparoskopie a v případech, jako jsou např. srůsty v dutině břišní, nepřehlednost v podjaterní krajině při těžké cholecystitidě nebo u nemocných s přidruženými chorobami, kteří nejsou schopni tolerovat nárůst nitrobřišního tlaku při kapnoperitoneu. Jak vzrůstala erudice chirurgů, kteří se věnují laparoskopii, a rozvíjí se technika a nástroje, bylo možno přistoupit k prvním laparoskopickým resekcím jater, jejichž rozsah se stále zvětšuje a kvalita výkonů stoupá. V současné době jsou na játrech laparoskopicky prováděny jak výkony menší, tak i rozsáhlé, jakými jsou například pravostranná hepatektomie či odběr části jater k transplantaci. K uskutečnění resekcí funkce laparoskopu byla v této práci použita Habibova sonda, využívající princip radiofrekvenční ablace. Výhod, které poskytuje laparoskopická operace metodou RFA, je spousta. Mezi hlavní výhody patří šetrnost k pacientovi a méně komplikací i vedlejších účinků. Pacient nemusí mít transfúzi, protože ztráta krve je minimální. Pro laparoskopii hovoří i kratší hospitalizační doba, dříve obnovená pasáž GIT a celkově kratší rekonvalescence nemocného, tyto charakteristiky jsou stejné i u ostatních laparoskopických výkonů v dutině břišní.

Cílem této bakalářské práce je navázat na téma BP „Návrh a pevnostní kontrola vybraných částí mechanismu radiofrekvenčního operačního nástroje“ a konstrukčně navrhnout robotický laparoskopický operační nástroj se třemi klouby. Laparoskop by měl sloužit k mini-invazivním laparoskopickým zákrokům resekce metodou RFA v oblasti dutiny břišní převážně pak v oblasti jater. Oproti ostatním přístrojům dosavadně používaných na podobných principech, které jsou bez kloubové a nedosahují dostatečné volnosti pohybu, má

nástroj umožňovat lepší přístup k obtížně dosažitelným místům a dokonalejší vypálení povrchu jater. Dále by měl operační nástroj splňovat komptabilitu s elektrochirurgickým radiofrekvenčním generátorem RITA. Nástroj nemá příliš řádově přesahovat finanční hodnotu dosavadně vyráběných nástrojů tohoto typu a zároveň i nepřesahovat ani náklady na provoz než jsou u předchozích řešení.

Celá bakalářská práce je rozdělena do jednotlivých kapitol, tyto kapitoly podrobněji rozebírají jednotlivé součásti, a vysvětlují jejich funkci, použití a vlastnosti.

# 1 Současný stav řešení

## 1.1 Metoda RFA

Metoda radiofrekvenční ablace (RFA) je intervenční výkon prováděný nejčastěji pod sonografickou kontrolou či pod kontrolou počítačové tomografie (CT). Jedná se o minimálně invazivní metodu. V rámci terapie je metoda často kombinována s jaterní resekcí či chemoterapií.[7] Princip RFA spočívá v zahřátí ložiska primárního či sekundárního nádoru jater pomocí rádiových vln na více než 50 °C po dobu delší než 3 minuty, což vede k denuraci nitrobuněčných proteinů a roztavení lipidů ve stěně buňky. Výsledkem je koagulační nekróza a úplná destrukce tkáně v dané vzdálenosti od příslušné elektrody. K ošetření krvácení z resekční plochy se s výhodou používá argonová koagulace či bipolární koagulace. Přístrojové vybavení vyrábí několik firem (RITA Medical Systems, Radiotherapeutics, Radionics, aj.) a na trhu je více typů radiofrekvenčních elektrod. Jako příklad může sloužit přístroj firmy Radionics, který se skládá z generátoru elektrické energie, čerpadla a elektrod. Generátor je mikroprocesorem řízené zařízení, které vytváří tepelnou energii o výkonu až 200 [W], která je přenášena na elektrodu chlazenou proudem vody a je dodáván oběhovým čerpadlem. RF elektroda je zavedena přímo do jaterního nádorového ložiska nejčastěji pod sonografickou kontrolou a jeden RF cyklus trvá 12 minut. Lze použít jednoduchou elektrodu s jedním hrotem a aktivní pracovní částí 1-3 cm. Jednoduchá elektroda s 3 cm pracovní částí (neizolovaný kovový hrot) vytváří koagulační nekrózu sférického tvaru v průměru 3 cm. Druhou variantou je klusterová elektroda se 3 hroty, každý s neizolovanou pracovní částí taktéž v délce 3 [cm]. Tato elektroda vytváří koagulační nekrózu sférického tvaru o průměru 5 - 7 [cm]. Ideální je, aby při aplikaci RFA elektrody došlo ke kompletní destrukci nádorového ložiska včetně 1 cm lemu zdravé jaterní tkáně.

## 1.2 Aplikace RFA

RFA lze aplikovat perkutánně, laparoskopicky či při laparotomii. RF sonda je zaváděna do nádorového ložiska nejčastěji pod sonografickou kontrolou či CT.

### 1.2.1 1. perkutánní RFA

Perkutánní RFA je nejčastěji aplikovaná u nemocných, kteří jsou riziková k operaci v celkové anestezii, dále u pacientů s neoperovatelnými či malými primárními nádory nebo se sekundárními rozšiřujícími se metastazujícími nádory. Jako jeden způsob léčby je perkutánní RFA používána při destrukci malého hepatocelulárního karcinomu (HCC), který tvoří asi 80 % procent primárních nádorů, u nemocných na čekací listině před transplantací jater. Kladem perkutánní RFA je minimální invazivita, nízká cena spočívající s ambulantním provedením výkonu a možnost opakování výkonu. Nevýhodou je menší přesnost v detekci nádorových ložisek při sonografickém vyšetření související s následnou možností nepřesného zavedení RF elektrody a tedy nedostatečného ošetření ložiska a riziko tepelného poranění okolních orgánů při lokalizaci nádoru na povrchu jater.

Příkladem perkutánní RFA je Starburst Talon



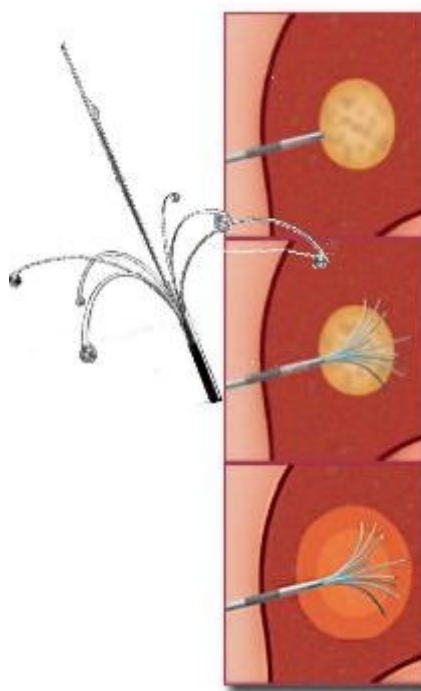
*Obr.1 Starburst Talon RFA Device*

Slouží k laparoskopickým perkutánním operacím.

Zařízení je schopno vytvářet sférické ablace v rozmezí od 20 do 40 [mm].

Podobných zařízení tohoto typu existuje celá řada.

Liší se především počtem jehel a rozmezím sférické ablace.[16]



*Obr. 2 Princip zákroku Starburst Talon*

### 1.2.2 laparoskopická RFA

Laparoskopická RFA spojuje některé výhody perkutánní a laparotomické RFA. Předností laparoskopické RFA je minimální invazivita, ve srovnání s perkutánní RFA přesnější detekce nádorových ložisek v jaterní tkáni díky peroperační laparoskopické sonografii a možnost zjištění mimojaterního šíření nádoru, které kontraindikuje aplikaci RFA. Klasickým představitelem je Habibova sonda. Naproti perkutánní RFA, která je zaměřena především na destrukci lokálních ložisek, je laparoskopická RFA schopná využít i resekce. Problematická otázka u této metody je nutná nákladná přístrojová vybavenost pracoviště př. laparoskopická sonda, harmonický skalpel, sonografický přístroj atd. Nedílnou součástí pracoviště musí být také zkušený tým - anesteziolog, radiolog, patolog, chirurg aj. Pozitivem laparoskopie je kratší hospitalizační doba, dříve obnovená pasáž GIT a celkově kratší rekonvalescence. Je na každém chirurgovi, aby posoudil vhodnost či nevhodnost metody a přínos pro nemocného individuálně.



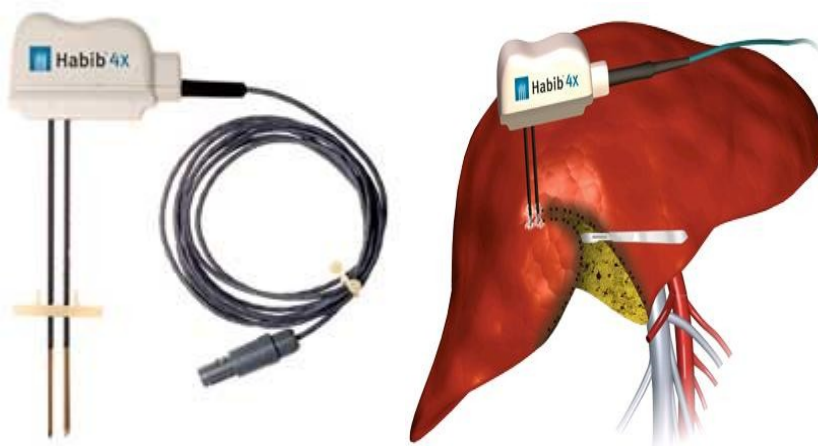
*Obr. 3 Habibova laparoskopická sonda*

### 1.2.3 RFA při laparotomii

Laparotomie znamená chirurgické otevření dutiny břišní, tudíž RFA aplikovaná při laparotomii je nejinvazivnější a současně nejpresnější metodou, protože chirurg získá přehlednější pohled do operačního pole. Při každém laparoskopickém výkonu se počítá s možností přechodu k nečekané laparotomii. Nádorová ložiska v dorsálních segmentech jater lze přesně lokalizovat v průběhu operace sonografií. Další výhodou je možnost kombinace RFA s resekcí jater, případně se zavedením portu do jaterní tepny pro lokální chemoterapii. Důležitou okolností je možnost přechodného zasvorkování ligamentum hepatoduodenale



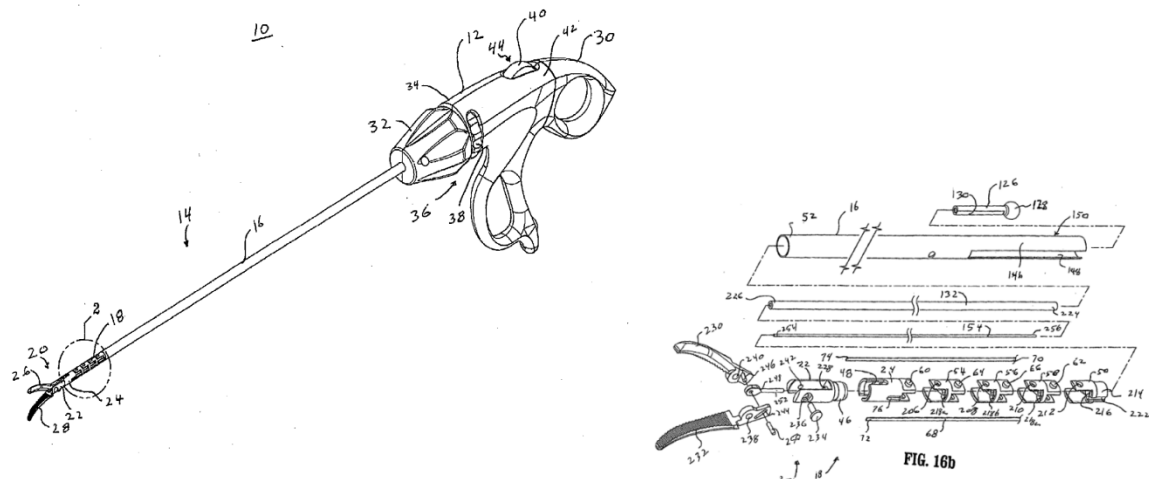
(Pringle manévr) v průběhu RFA cyklu. Je prokázáno, že velikost koagulační nekrózy vytvořené RF elektrodou je nepřímo úměrná prokrvení jaterní tkáně v dané lokalizaci. Krevní proud v jaterních cévách odvádí tepelnou energii z oblasti zničeného ložiska a snižuje tak rozsah koagulační nekrózy a zvyšuje riziko trombózy cév. To je zřejmě příčinou nedostatečné destrukce nádorových ložisek v blízkosti velkých mimojaterních cév. [7] Při laparotomické RFA tedy nejprve vyloučíme mimojaterní šíření nádoru, provedeme peroperační sonografii jaterního parenchymu s přesnou lokalizací nádorových ložisek s následnou destrukcí ložisek během jednoho operačního výkonu. Při RFA u laparotomie je třeba zamezit riziku infekčních komplikací. U tohoto zákroku je nutno počítat z důvodu většího rozsahu výkonu s delší dobou rekonvalescence. Klasickým představitelem je Habib 4X Bipolární Resekční zařízení.[15]



*Obr. 4 Habib 4X Bipolární Resekční zařízení*

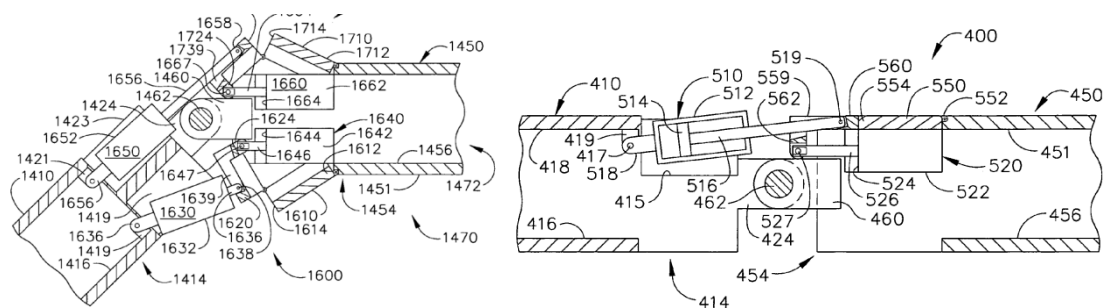
### 1.3 Příklady konstrukce laparoskopů

V dnešní době existuje nepřeberné verzí a druhů laparoskopů



Obr. 5 Příklad konstrukce laparoskopu

#### 1.3.1 Příklady řešení kloubů



Obr. 6 Příklad konstrukce kloubů

Pro použití v RFA se zdají tyto verze kloubů příliš složité. V této BP je snaha konstrukci co nejvíce zjednodušit.

## 2 Podmínky a vybavení

Chirurgií jater se zabývají většinou velká centra či úzce specializovaná pracoviště, protože pro dokonalý chod je nutné splnit řadu podmínek. Podstatný je tým chirurgů, kteří jsou schopni operovat játra laparoskopicky i otevřeným přístupem. V řadě případů je totiž nutné laparoskopický výkon převést na otevřený. Nedílnou součástí týmu je zkušený anesteziolog, radiolog a patolog. Další z podmínek je dostatečné přístrojové vybavení. Většina přístrojů, které jsou používány v jaterní chirurgii, se uplatňuje při obou přístupech – otevřeném i laparoskopickém. Mezi hlavní nástroje v laparoskopii patří Veressova jehla, trokary, preparační háčky, kleště, nůžky, disektory. Dále jsou to např. jehelce, šicí materiály, Laparoskopické vaky, aplikátory klipů a svorek, staplery a sítky.[9]

### 2.1 Trokar

Trokary se zavádějí skrz břišní stěnu k usnadnění přístupu chirurgických nástrojů, většina bývá vybavena ventilem pro udržení tlaku v břišní dutině.

Obvyklé vnitřní průměry jsou 5, 10 a 12 [mm]. V návrhu byl použit trokar o vnitřním průměru 12 [mm].



*Obr. 7 Trokar*

## 2.2 Rita 1500X

Rita 1500X je elektrochirurgický radiofrekvenční generátor vyrobený společností AngioDynamics, který dává energii pro koagulaci a ablaci měkkých tkání. Generátor je schopen dodávat výkon až 250W, ale maximální výkon je omezen softwarovou kontrolou

Generátor má tři flexibilní sériové porty a je navržen speciálně pro použití s Ritou elektrochirurgickými přístroji. Frekvence proudu je 500kHz a generátor samostatně optimalizuje dodávku energie a při dokončení se automaticky zastaví se zvukovým signálem. Generátor lze spustit a manuálním nebo automatickým režimu, při jeho připojení a zapnutí se nastaví výchozí výkon 125W, který se může změnit v závislosti na tepelných požadavcích jednotlivých typů tkání nebo na komfortu uživatele. Generátor také obsahuje nožní pedál, který lze použít pro zapnutí a vypnutí radiofrekvenčního proudu. Přístroj také pomáhá lékařům k monitorování a řízení ablace v celém procesu. Základní software umožňuje uživatelům vizuálně sledovat teploty tkáně během procesu ablace v reálném čase<sup>9</sup>. Tento software umožňuje uživateli sledovat růst teploty tkáně až na požadovanou teplotu a ta je udržována pomocí generátoru. Ten také rozpozná, který přístroj je připojen a automaticky načte správný protokol.



*Obr. 8 radiofrekvenční generátor Rita 1500X*

Některá pracoviště využívají u laparoskopických resekcí jater počítačem řízené robotické rameno, tzv. Ezop. Na tomto rameni je uchycena kamera, která reaguje na hlasový příkaz operátora. Tím je zajištěn i u delšího výkonu stabilní obraz a lepší komfort celého týmu. Dalším krokem v laparoskopii je zavádění operačních robotů typu Da Vinci [2].



*Obr. 9 Robotický systém DaVinci*



*Obr. 10 Habibova laparoskopická sonda aplikace do jaterního parenchymu s tvorbou resekční linie*

### **2.3 Průběh laparoskopické operace**

Laparoskopická operace se provádí za sterilních podmínek na operačním sále v celkové anestezii. Po důkladné desinfekci v širokém okolí se provede 1 - 2 cm miniřez a zavede se do

dutiny břišní Veressova jehla s chráněným hrotem. Touto jehlou se do dutiny břišní aplikuje oxid uhličitý, tím se břišní stěna nadzvedne a zvětší se tak prostor pro manipulaci s nástroji a přístroji, které jsou pro vyšetření nebo léčebný zákrok potřeba. Poté se skrz stejný otvor zavede trokar, což je kovová nebo plastová trubička, která pomocí zpětného ventilu zamezuje uniku plynu z dutiny břišní. Trokarem se také zavádí laparoskopická optika s připojeným světelným kabelem a endoskopickou kamerou. Ta umožňuje přenos obrazu vyšetřovaných orgánů na monitor, odtud má lékař možnost zhodnotit celou dutinu břišní a detailně si prohlédnout povrchové změny vyšetřovaných orgánů. Prosvícením stěny břišní vybereme místa pro zavedení dalších trokarů. Dané prosvícení umožní vidět a neporanit cévy v břišní stěně. Dalšími vpichy se zavádějí trokary různých průměrů, dle používaných laparoskopických nástrojů a rozsahu operačního výkonu. Laparoskopické nástroje umožňují širokou škálu úkonů, jako stříhání, řezání, stavění krvácení, šiti, oplachování, odsávání, použití laseru a další. Všechny Laparoskopické nástroje jsou konstruovány tak, aby prošly trokary, které jsou zavedené skrz stěnu břišní. Touto cestou také prochází všechno, co je nutné z dutiny břišní odstranit. Ke stavění krvácení z resekční plochy je možno využít kromě bipolární ještě argonovou koagulaci. Kromě přístrojů ke stavění krvácení se dále u laparoskopických resekcí osvědčuje používání hemostyptických materiálů na bázi fibrinu, např. fibrilárního Sufgicelu.

## Možnosti využití RFA

Kromě využití RFA k resekci jaterního parenchymu (Habibova sonda) je možné pomocí RFA ošetřit laparoskopicky ložiska v játrech přímo. Důvodů k tomuto postupu je celá řada. Může to být rozložení ložisek v jaterním parenchymu, celkově špatný stav nemocného, který by větší resekční výkon nepřežil, nebo špatný stav jater, který dovoluje pouze co nejmenší výkon, aby nedošlo k jaternímu selhání. Takovýmto příkladem je hepatocelulární karcinom v jaterní cirhóze. Pokud je ložisko v játrech uloženo vysoko pod bránicí, je výhodnější použít místo laparoskopie VTS a ošetřit ložisko v játrech přes bránici. U nedokonale ošetřených ložisek pomocí RFA dochází k tzv. „non-ablaci“, to znamená, že ložisko v játrech nebylo postiženo celé a bude pokračovat ve svém růstu. U větších ložisek, kolem 5 cm, je nutné aplikovat RFA sondu několikrát či využít 2–3 sond současně. Riziko non-ablace je však v takových případech větší a je třeba s ním počítat. V takových případech se hovoří o pouhém zmenšení nádorové masy – cytoredukcí, což se s výhodou využívá například u karcinoidu, který je semimaligní a většinou reaguje dobře na podávanou adjuvantní chemoterapii. Po jejím dokončení se může znovu přistoupit k RFA a rezidua tumoru znovu ošetřit. U maligních nádorů tento postup indikován není, protože i přes podanou chemoterapii se nedostavuje požadovaný efekt. Jak byla RFA úspěšná, se kontroluje pomocí CT jater, nejdéle druhý den po výkonu. V závěru části o RFA je třeba zdůraznit, že tato metoda je pouze metodou doplňkovou k resekční terapii, protože – jak bylo zmíněno výše – při non-ablaci hrozí vysoké riziko recidivy a pouze resekce je brána jako léčba kurativní. Proto je RFA aplikována pouze u nemocných, kteří nejsou schopni podstoupit z jakéhokoliv důvodu resekci jater. Při krvácení hlubších trhlín je vhodné též použít RFA a zdroj krvácení zastavit aplikací RFA sondy do místa krvácení.

### 3 Požadavkový list:

Požadavkový list nám definuje souhrn požadovaných vlastností, které očekáváme od výsledného řešení zadaného problému. Tyto vlastnosti jsou základní stavební prvky celého projektu. Od nich se odvíjí následující potřebné data a informace pro zhotovení zadaného problému.

**Po konzultaci s vedoucím a na základě zadání bakalářské práce byl definován tento požadavkový list.**

Docílit tří stupňů volnosti.

Realizovat manuální řízení.

Optimalizovat pevnostně pro výskyt sil.

Použít materiály v oblasti zdravotnictví (Ti, Ni).

Optimalizace pro rozměr 12 milimetrů vnějšího průměru.

Docílit co nejhospodárnějšího řešení.

Vnitřně vedenou kabeláž.

Jedná se o návrh robotického operačního nástroje pro realizaci chirurgických zákroků, konkrétně radiofrekvenční metodou (RFA).

Během řešení BP vznikaly další požadavky :

Absence elektroniky z důvodu složitému a nákladnému schvalování v chirurgické medicíně. Dále i univerzálnost joysticku jak pro levou tak i pro pravou ruku.

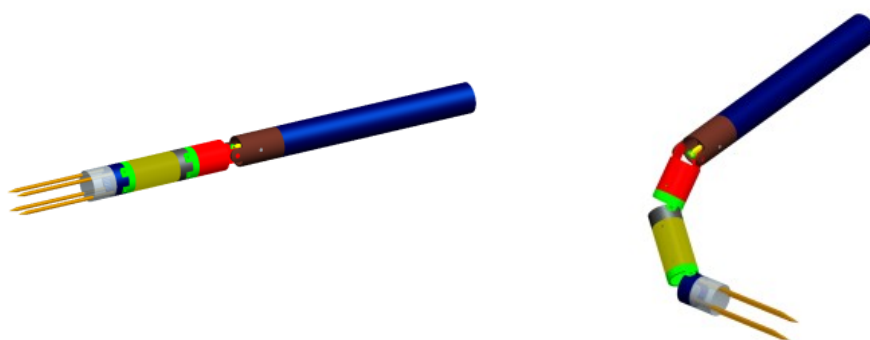


## 4 Návrh přístroje

Jak bylo udáno v požadavkovém listě, k dosažení konstrukčního řešení bylo se nutno vyvarovat při návrhu použití elektronických a tekutinových přístrojů, neboť by mohli nastat problémy z důvodu komplexnosti získávání schválení v oblasti chirurgické medicíny. Na základě tohoto zjištění se přistoupilo k čistě mechanickému způsobu řízení.

### 4.1 Výběr optimální varianty

#### 4.1.1 Varianta 1

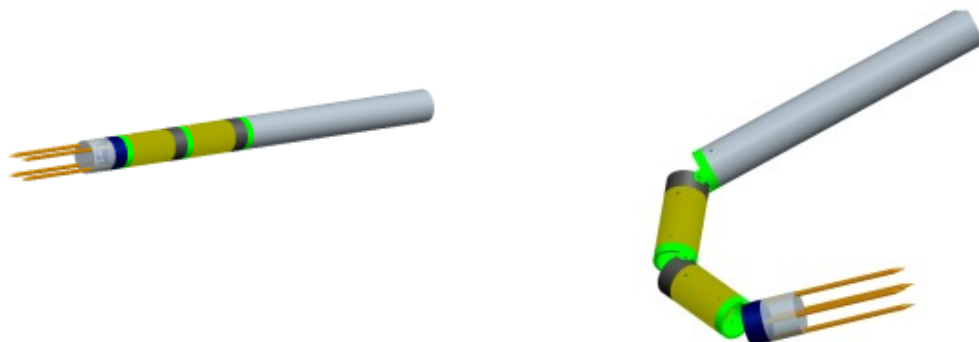


*Obr. 11 Varianta 1*

Tato varianta je kombinací variant uvedených níže, kombinuje tedy jak jejich výhody, tak i nevýhody. Má schopnost manévrovat ve více osách. Tato verze při nulovém natočení částečně krytovaná a dostatečně neohebná při zavedení. Tuto variantu volím jako optimální.

Co se týče ekonomického hlediska, největší položkou budou pravděpodobně nákladné materiály vysoké kvality, které jsou bohužel z důvodu oblasti použití nutné. Výrazně cenu ovlivňuje složitost konstrukce. Obecně v tomto projektu platí, že čím je varianta konstrukčně složitější, tím je i dražší.

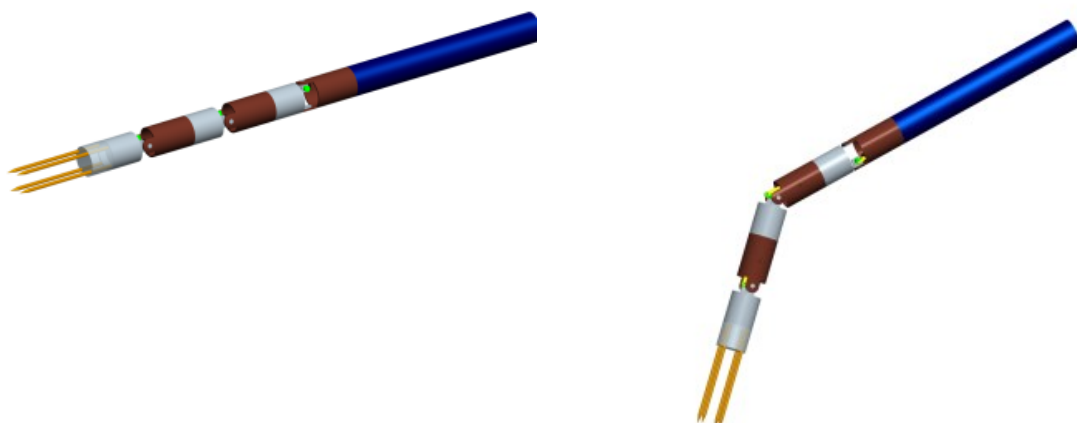
#### 4.1.2 Varianta 2



*Obr. 12 Varianta 2*

Výhodou je pochopitelně při zavádění laparoskopu přes trokar jeho tuhost a tedy i menší pracnost zavádění, dále pak je tato verze při nulovém natočení plně zakrytovaná. Nevýhodou je neschopnost manévrovat ve více osách a směrech. Což na druhou stranu částečně vynahrazuje větším pohybem v jednom směru

#### 4.1.3 Varianta 3



*Obr. 13 Varianta 3*

Nevýhodou musí být velká pracnost při zapichování, poměrně velký odhalený prostor, kde musí být použito pružné krytování a nutnost zavedení více ovládacích prvků (lan), výhodou může ale být velká manévrovatelnost.

## 4.2 Hodnotová analýza

	Kritérium	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3
K1	rozsah pohybu	240	210	300
K2	počet lan	4	3	6
K3	konstrukční složitost	Dobrá úroveň	Dobrá úroveň	Nízká úroveň
K4	krytování	Dobrá úroveň	Vysoká úroveň	Nízká úroveň

Tab. 1 Volba kritérií

Hodnoty kritérií	Označení
Vysoká úroveň	6
Dobrá úroveň	5
Průměrná úroveň	4
Nízká úroveň	3
Nevyhovující úroveň	2
Nepříznivý stav	1

Tab. 2 Bodování

Porovnávané páry kritérií			Počet voleb v	Pořadí	Váha významnosti q
K1	K1	K1	3	1	1,5
K2	K3	K4	-	-	-
	K2	K2	2	2	1,25
	K3	K4	-	-	-
	K3	K3	1	3	1
	K4	K4	0	4	0,75

Tab. 3 Porovnání významností

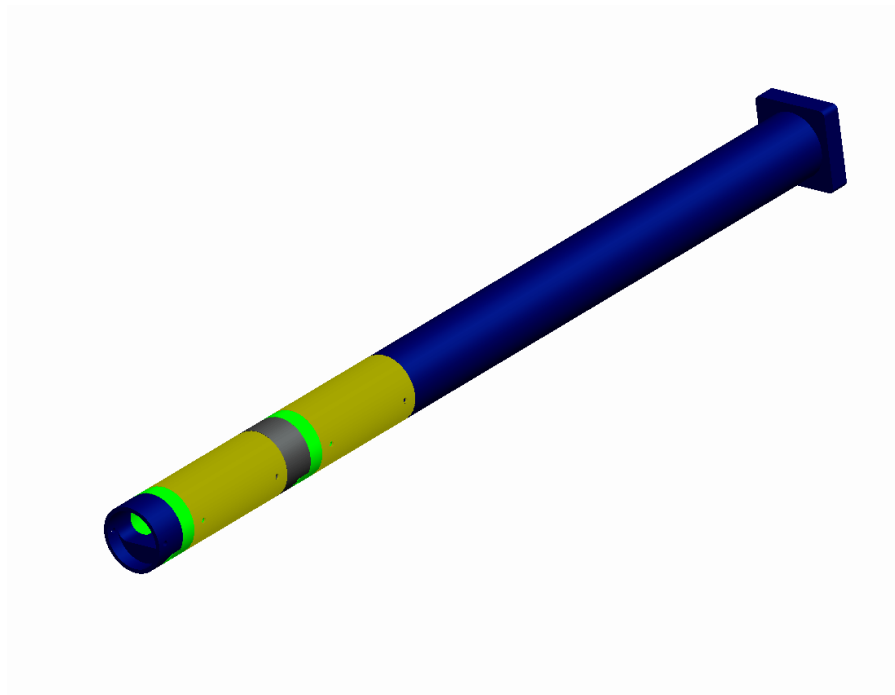
Varianta 1			
Kritérium	Hodnota	Váha významnosti kritéria q	Vážený index kritéria Iij*
K1	5	1,5	7,5
K2	5	1,25	6,25
K3	5	1	5
K4	5	0,75	3,75
Celkový součet vážených indexů Iij* varianty 1			22,5

Varianta 2			
Kritérium	Hodnota	Váha významnosti kritéria q	Vážený index kritéria Iij*
K1	3,5	1,5	5,25
K2	6	1,25	7,5
K3	5	1	5
K4	6	0,75	4,5
Celkový součet vážených indexů Iij* varianty 2			22,25

Varianta 3			
Kritérium	Hodnota	Váha významnosti kritéria q	Vážený index kritéria Iij*
K1	6	1,5	9
K2	1	1,25	1,25
K3	3	1	3
K4	3	0,75	2,25
Celkový součet vážených indexů Iij* varianty 3			15,5

Tab. 4 Zhodnocení variant

Jako optimální varianta byla zhodnocena varianta 1. Z důvodu co největší úspory byla ale zvažena potřeba tří kloubů v laparoskopu, rozhodlo se odebrat horizontální kloub. Po odebrání se zjednodušilo řízení, konstrukční složitost a snížila se pracnost při zavádění nástroje přes trokar.



*Obr. 14 Optimální varianta*

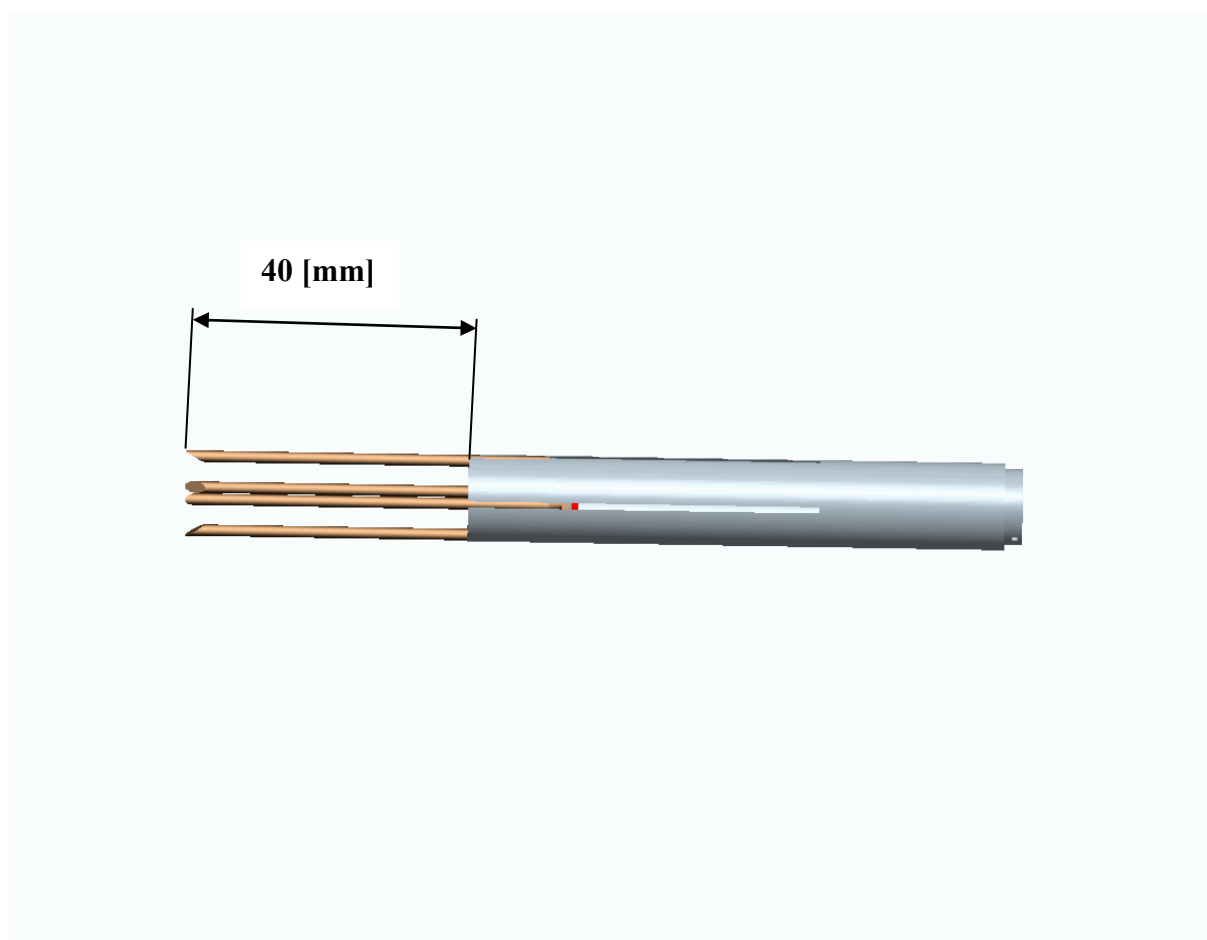
Optimální varianta má možnost se natáčet pouze vertikální směru a to každý kloub o 60 stupňů. Pohyb je prováděn pomocí lan a drátu, kdy se v kloubech mění pohyb z translačního na rotační.

## 5 Konstrukční řešení zbývajících částí

### 5.1 Habibové pouzdro

Bylo navrženo pro maximální vpich 40 mm ve vystřelovací fázi je schopno vystřelit až 15 [mm] a na dalších 25[mm] je nastavitelné. K vystřelování slouží pružina, jež dodá potřebnou sílu pro vniknutí jehel do orgánu.

Jehlice fungují bipolárně. Kvůli požadovaným vlastnostem metody RFA byl předepsán rozměr mezi dvojicí jehel o průměru 1,6[mm] mezi prvním párem 7[mm] a mezi druhým 8[mm]. Tyto rozměry způsobili přesah mezi jehlicemi s vnějším 12[mm] průměrem. Z tohoto důvodu se přistoupilo k rozevírání jehel. Roztažení jehel se provádí drážkami v pouzdře a také v jezdcí a geometrii jehel, které podporují roztažný pohyb.



*Obr. 15 Habibové pouzdro*

## 5.2 Joystick

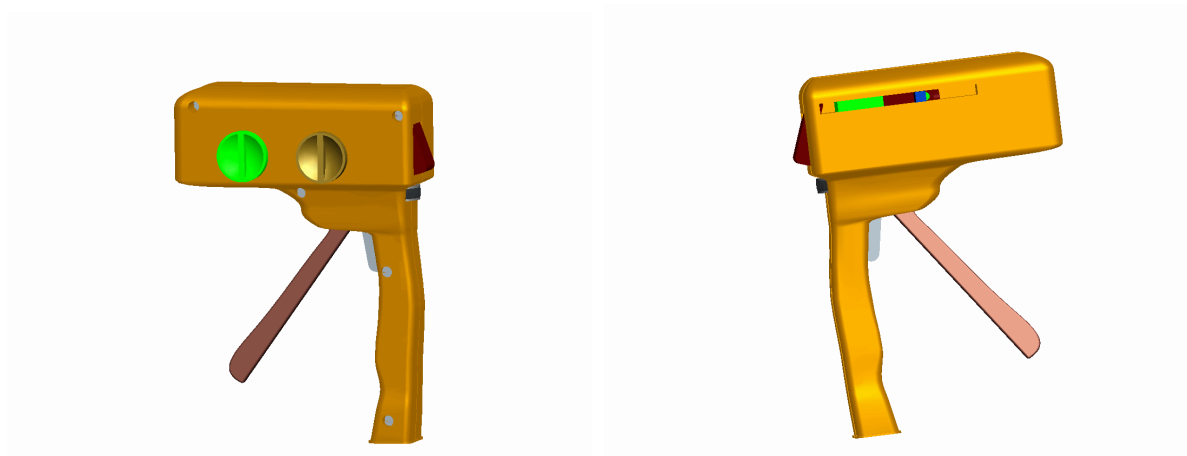
### 5.2.1 Kryt joysticku

Při konstrukci obou dílů krytu je brán v potaz z důvodu tvarové složitosti způsob výroby pomocí technologie tzv. 3D-tisku. Jeho vlastnosti by tedy měli být:

Pevnost v tahu: 68 [MPa]

Modul pevnosti v tahu: 2280 [MPa]

Teplotní odolnost: do 138 [°C]



*Obr. 16 Joystick pohled zprava a zleva*

Pro složitost joysticku je více rozebrán v části montáže.

## 6 Výpočet momentů a reakčních sil ve vetknutí

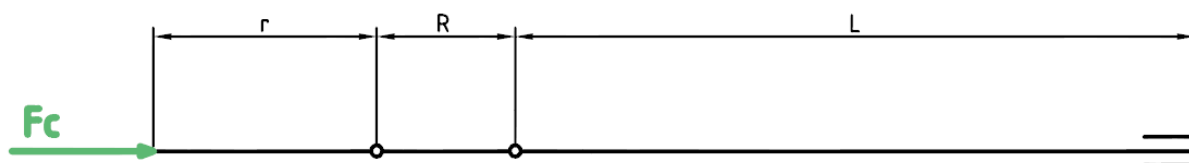
Výpočet momentů a reakčních sil ve vetknutí je převzat z BP na téma: „Návrh a pevnostní kontrola vybraných částí mechanismu radiofrekvenčního operačního nástroje“, odkud byli získány vzorce a proveden analogický přepočítání aktuální hodnoty. Síla na jednu jehlici v této práci byla experimentální metodou určena na  $F_j = 6$  [N]. Pro kontrolu byly vybrány čtyři základní varianty polohy mechanismu. Pro tyto polohy byl proveden výpočet momentů a reakčních sil ve vetknutí.

### 6.1 Varianta 1

Tato varianta určuje základní polohu nástroje při průchodu trokarem a při zapichování v přímém směru. V obrázku č.10 jsou zakótovány jednotlivé parametry. Délka  $L$  určuje vzdálenost mezi vetknutím a prvním kloubem. Následuje délka  $R$ , která určuje vzdálenost mezi kloubem 1 a kloubem 2 a vzdálenost  $r$ , která určuje vzdálenost od kloubu 2 do hrotu elektrodoových jehel. Tyto jehly jsou zatíženy silou  $F$ , která má dvojnásobnou hodnotu s ohledem na bezpečnost oproti hodnotě skutečné (viz krok 4.1).

#### Délkové hodnoty

$$L = 254,5[\text{mm}], R = 49[\text{mm}], r = 79[\text{mm}]$$



Obrázek 17 varianta 1 mechanismu

#### Celková zatěžující síla:

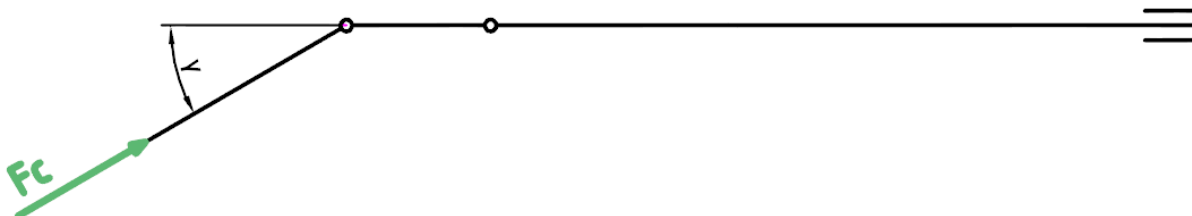
$$F_c = 4 \cdot F_j$$

$$F_c = 4 \cdot 6 = 24 \text{ [N]} \quad (1)$$



## 6.2 Varianta 2

U varianty 2 jsou elektrodové jehly se vzdáleností  $r$  skloněny pod úhlem  $\gamma$  vzhledem k počáteční poloze a celková zatěžující síla  $F$  působí v ose jehel. V grafu jsou zobrazeny zatěžující síly a moment ve vetknutí v závislosti na měnícím se uhlu  $\gamma$ . Uhel  $\gamma$  je možno měnit v rozsahu od 0 do 60 stupňů po 1 stupni.



Obrázek 18 varianta 2 mechanismu

**Rozklad zatěžující síly:**

$$F_x(\gamma) = F_c \cdot \cos(\gamma) \quad (2)$$

$$F_y(\gamma) = F_c \cdot \sin(\gamma) \quad (3)$$

**Momentová rovnice k vetknutí varianta 1 pro uhel  $\gamma$  :**

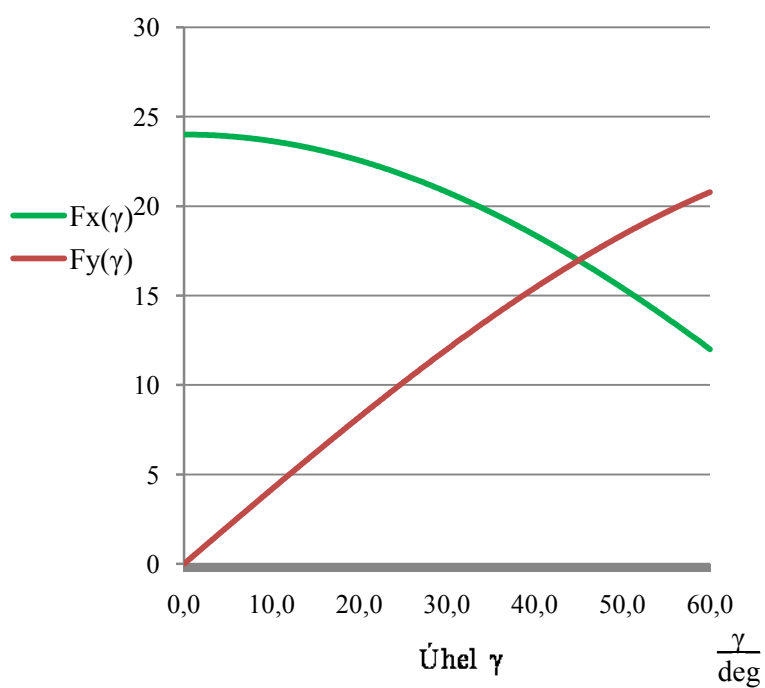
$$M(\gamma) = F_x(\gamma) \cdot (r \cdot \sin(\gamma)) - F_y(\gamma) \cdot (r \cdot \cos(\gamma) + R + L) \quad (4)$$

**Momentová rovnice pro uhel  $\gamma = 60^\circ$  :**

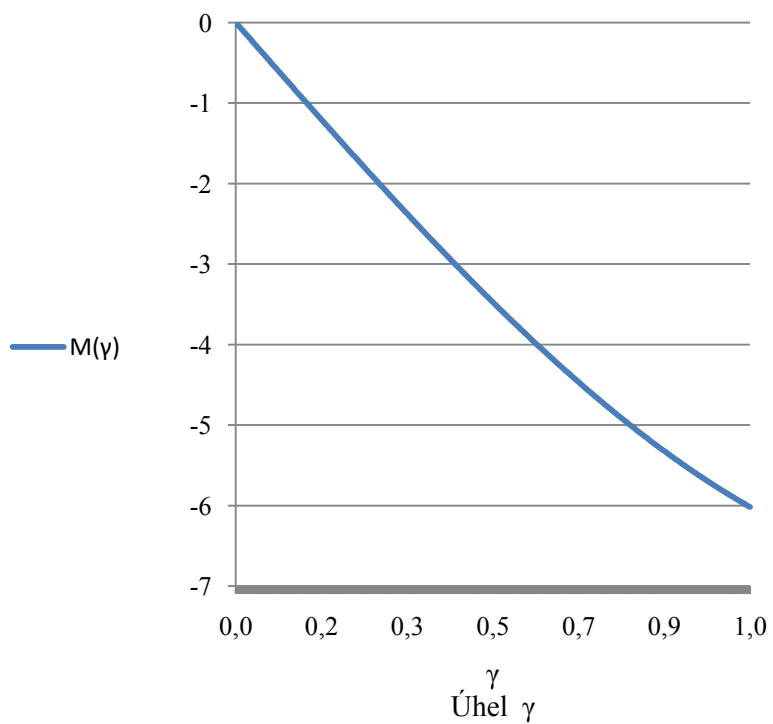
$$M(60) = F_x(60) \cdot (r \cdot \sin(60)) - F_y(60) \cdot (r \cdot \cos(60) + R + L) \quad (5)$$

$$M(60) = 6,017[N.m]$$

## Průběhy sil ve vetknutí



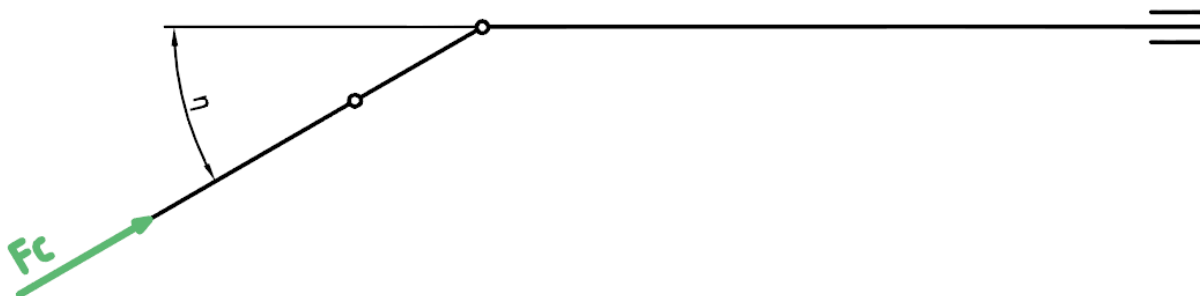
Graf 1 - Síly ve vetknutí pro úhel gama

Moment ve vetknutí  $M(\gamma)$ 

Graf 2 Moment ve vetknutí pro úhel gama

### 6.3 Varianta 3

Varianta 3 je oproti variantě 2 změněna v tom, že úhel  $\gamma$  je nulový a mechanismus je skloněn pod úhlem  $\eta$ , který je možno měnit od 0 stupňů do 60 stupňů po jednom stupni. Zátěžná síla je opět jako u předchozí varianty rovnoběžně na elektrodové jehly o celkové velikosti 24N.



Obr 19 varianta 3 mechanismu

#### Rozklad sil do složek

$$F_x(\eta) = F_c \cdot \cos(\eta) \quad (6)$$

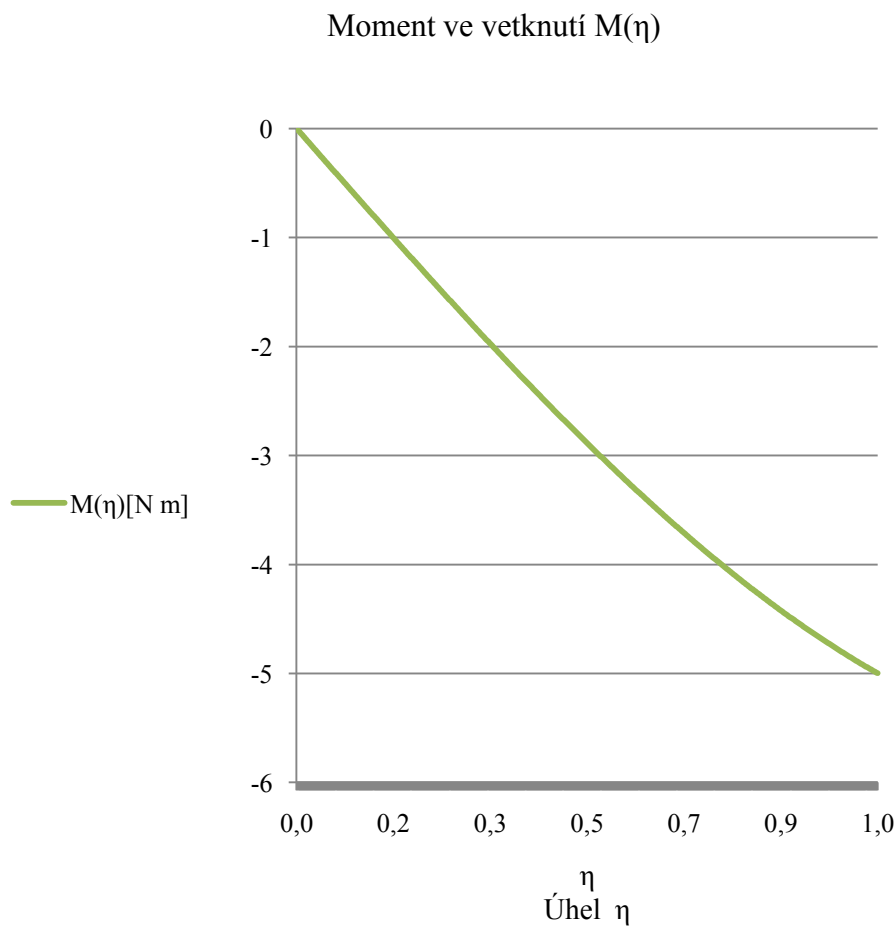
$$F_y(\eta) = F_c \cdot \sin(\eta) \quad (7)$$

#### Momentová rovnice k vetknutí pro úhel $\eta$ :

$$M(\eta) = F_x(\eta) \cdot ((r + R) \cdot \sin(\eta)) - F_y(\eta) \cdot ((r + R) \cdot \cos(\eta) + L) \quad (8)$$

$$M(60) = F_x(60) \cdot ((r + R) \cdot \sin(60)) - F_y(60) \cdot ((r + R) \cdot \cos(60) + L)$$

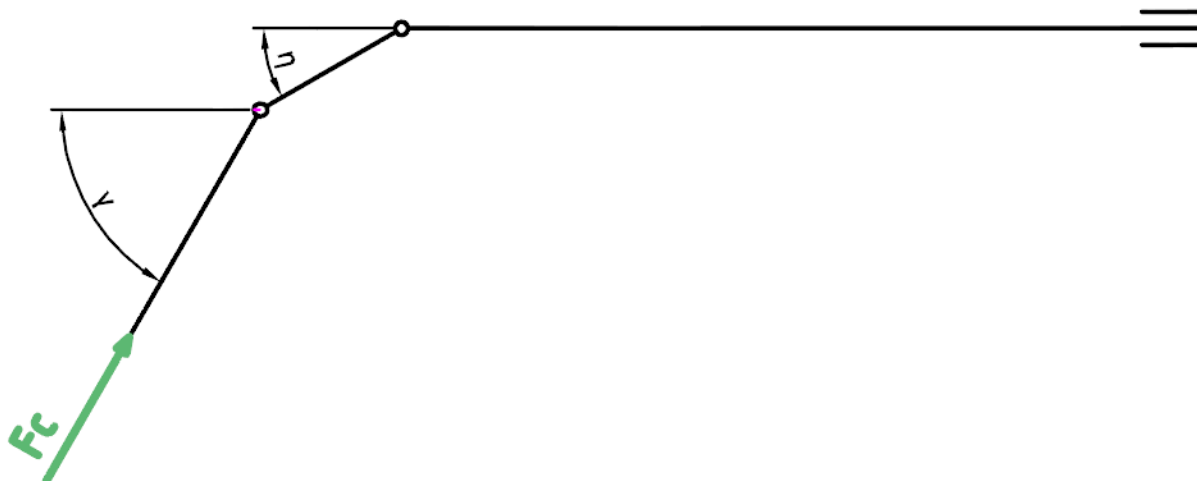
$$M(60) = -5 [N \cdot m]$$



*Graf 3 Moment pro úhel éta ve vetknutí*

#### 6.4 Varianta 4

Mechanismus je u varianty 4 skloněn pod úhlem gama i pod úhlem éta. Úhel gama je v rozmezí od 0 do 60 stupňů a mění se po 1 stupni. Pro úhel éta je napsáno pět momentových rovnic, v prvním případě je úhel éta roven 0 a v každém následujícím případě dojde ke změně úhlu o 20 stupňů.



Obr 20 varianta 4 mechanismu

**Momentová rovnice pro úhel  $\eta_1 = 0$  stupňů :**

$$M_{\eta_1}(\gamma) = F_x(\gamma) \cdot (r \cdot \sin(\gamma) + R \cdot \sin(\eta_1)) - F_y(\gamma) \cdot (r \cdot \cos(\gamma) + R \cdot \cos(\eta_1) + L) \quad (9)$$

**Momentová rovnice pro úhel  $\eta_2 = 20$  stupňů :**

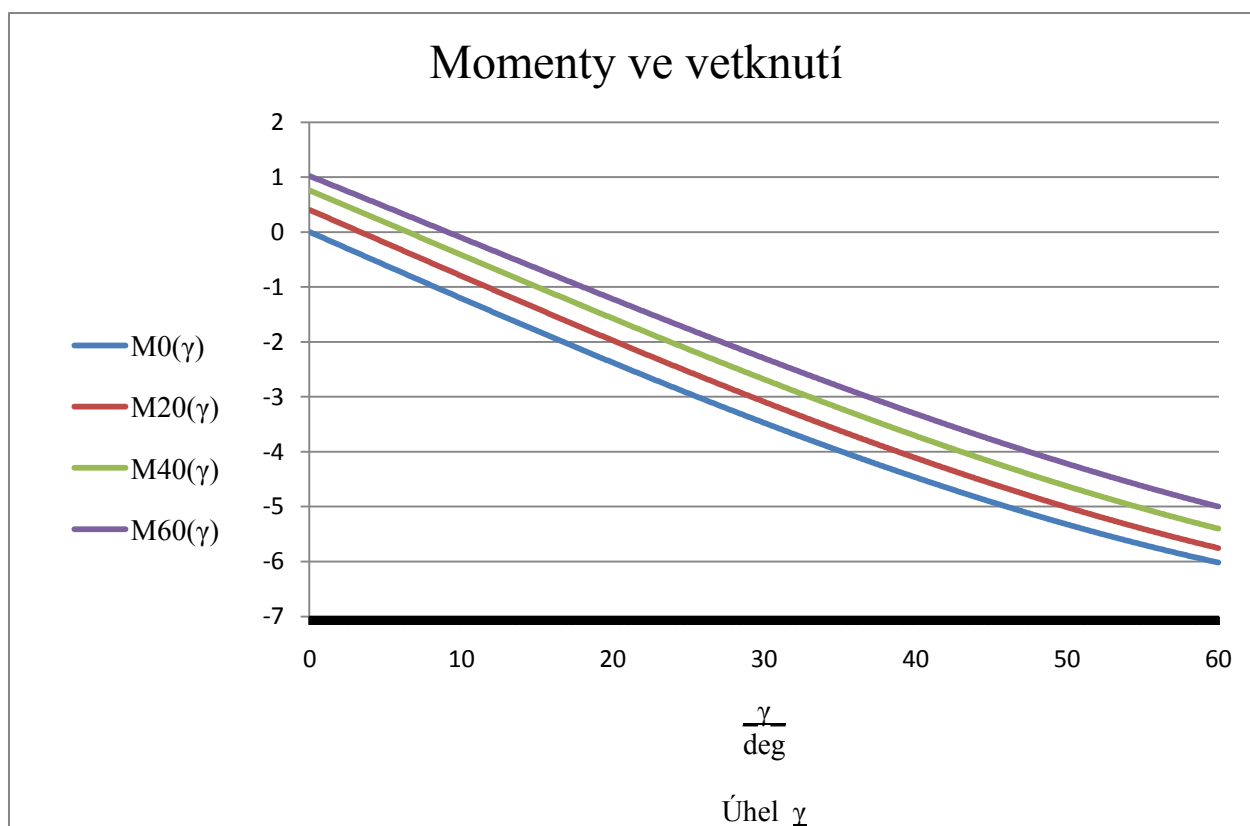
$$M_{\eta_2}(\gamma) = F_x(\gamma) \cdot (r \cdot \sin(\gamma) + R \cdot \sin(\eta_2)) - F_y(\gamma) \cdot (r \cdot \cos(\gamma) + R \cdot \cos(\eta_2) + L) \quad (10)$$

**Momentová rovnice pro úhel  $\eta_3 = 40$  stupňů :**

$$M_{\eta_3}(\gamma) = F_x(\gamma) \cdot (r \cdot \sin(\gamma) + R \cdot \sin(\eta_3)) - F_y(\gamma) \cdot (r \cdot \cos(\gamma) + R \cdot \cos(\eta_3) + L) \quad (11)$$

**Momentová rovnice pro úhel  $\eta_4 = 60$  stupňů :**

$$M_{\eta_4}(\gamma) = F_x(\gamma) \cdot (r \cdot \sin(\gamma) + R \cdot \sin(\eta_4)) - F_y(\gamma) \cdot (r \cdot \cos(\gamma) + R \cdot \cos(\eta_4) + L) \quad (12)$$



*Graf 4 Momentové charakteristiky ve vetknutí*

Jak vyplývá z výpočtu a přiložených grafů jsou jak hodnoty sil, tak hodnoty momentů ve vetknutí poměrně malé. Největší hodnota momentu ve vetknutí je u varianty 2 pro úhel  $\gamma=60^\circ$  a to  $M_{\max} = -6,017$  [N.m]. Maximální hodnoty sil ve vetknutí jsou u varianty č. 2 pro úhel  $\gamma=0^\circ$ . Velikost této síly je  $F_{\max} = 24$  [N]. Z důvodů bezpečnosti je pak vetknutí kontrolováno na tyto maximální hodnoty s koeficientem bezpečnosti  $k = 3$ .

## **7 Kontrola namáhaných částí**

Pro zajištění bezpečného chodu efektoru jsou všechny nejvíce namáhané části zkontrolovány.

### **7.1 Kontrola ozubených kol s hřebenem**

Ozubená kola i ozubený řemen jsou nakoupeny jako polotovary u firmy TEA technik. Dále jsou upraveny pro možnost uchycení v joysticku. Parametry pastorku a ozubených kol a ozubeného hřebenu jsou uvedeny v tabulkách

#### **7.1.1 Návrh modulu**

Návrh modulu byl proveden v programu Návrhový výpočet ozubení je proveden dle ČSN 01 4686.

Parametry pastorku a ozubených kol a ozubeného hřebenu jsou uvedeny v tabulkách

Základní parametry pastorku a ozubeného kola					
Pastorek			Ozubené kolo		
Modul ozubení	m	1	Modul ozubení	m	1
počet zubů	z	12	počet zubů	z	17
úhel záběru	$\alpha$	20°	úhel záběru	$\alpha$	20°
úhel sklonu zubu	$\beta$	0°	úhel sklonu zubu	$\beta$	0°
průměr roztečné kružnice	d <sub>1</sub>	12	průměr roztečné kružnice	d <sub>2</sub>	17
průměr hlavové kružnice	d <sub>a1</sub>	14	průměr hlavové kružnice	d <sub>a2</sub>	20
Šířka pastorku	b <sub>1</sub>	9	Šířka kola	b <sub>2</sub>	9
Materiál	Hostaform C				

Tab.5 základní parametry pastorku a ozubeného kola

Základní parametry hřebenu		
Modul ozubení	m	1
počet zubů	z	12
úhel záběru	$\alpha$	20°
úhel sklonu zubu	$\beta$	0°
šířka hřebenu	B	9 mm
délka hřebenu	l <sub>1</sub>	50 mm
Materiál	Hostaform C	

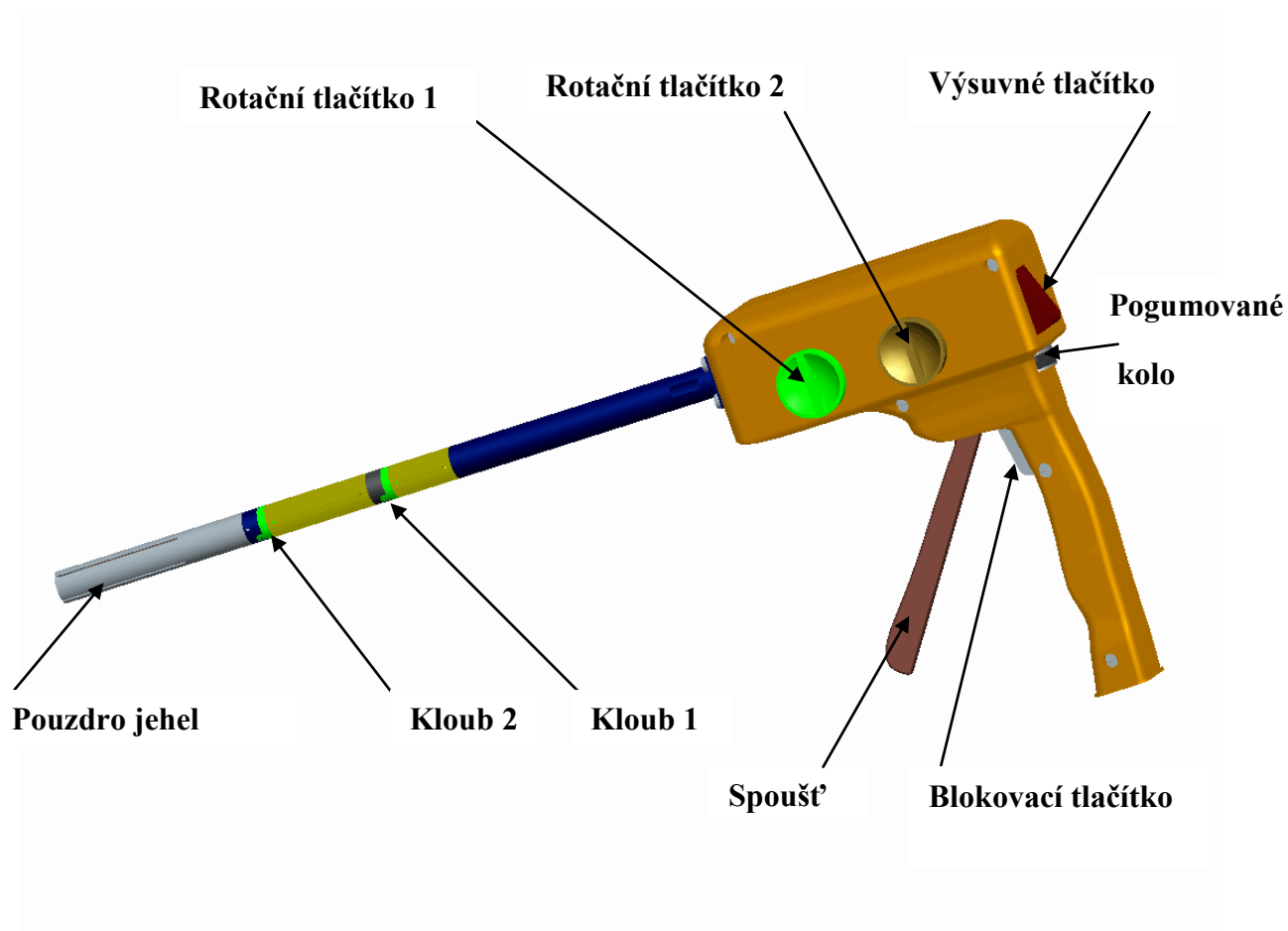
Tab.6 Základní parametry ozubeného řemenu



Pozn. Veškeré součinitele, byly vyčteny z tabulek z podkladu.

## **8 Ovládání laparoskopu**

Laparoskop je ovládán joystickem. V průběhu navrhování joysticku bylo třeba dbát především na to, aby byl operátor schopen předem regulovat délku vpichu a zároveň i ho posléze provést a to aniž by použil druhou ruku. Potřeba tohoto ovládání vychází z druhu operace, kdy chirurg má druhou ruku plně indisponovanou jinou aktivitou (uchopením operovaných jater nebo manipulací s dalšími nástroji). Ovládání joysticku se provádí natočením kloubů hned po zavedení laparoskopu do dutiny břišní, kdy není ještě druhá ruka zaneprázdněna jinými činnostmi. Nastavení těchto kloubů se realizuje jednotlivým otáčením dvou rotačních tlačítek umístěných na boční hraně joysticku. K nastavení kloubu 1 slouží rotační tlačítko 1, ke kloubu 2 slouží rotační tlačítko 2. K počátečním visutí jehel kdy je třeba proniknout povrchem orgánu je realizováno výsuvným tlačítkem. Na další vpichování slouží spoušť, která umístěním připomíná ovládání pistole. Regulace výsunu jehel se nastavuje palcem rotací pogumovaného kolečka na zadní straně joysticku, přičemž musí být stisknuto blokovací tlačítko. Samotné vypálení se provádí nožním pedálem, jenž je součástí radiofrekvenčního generátoru.

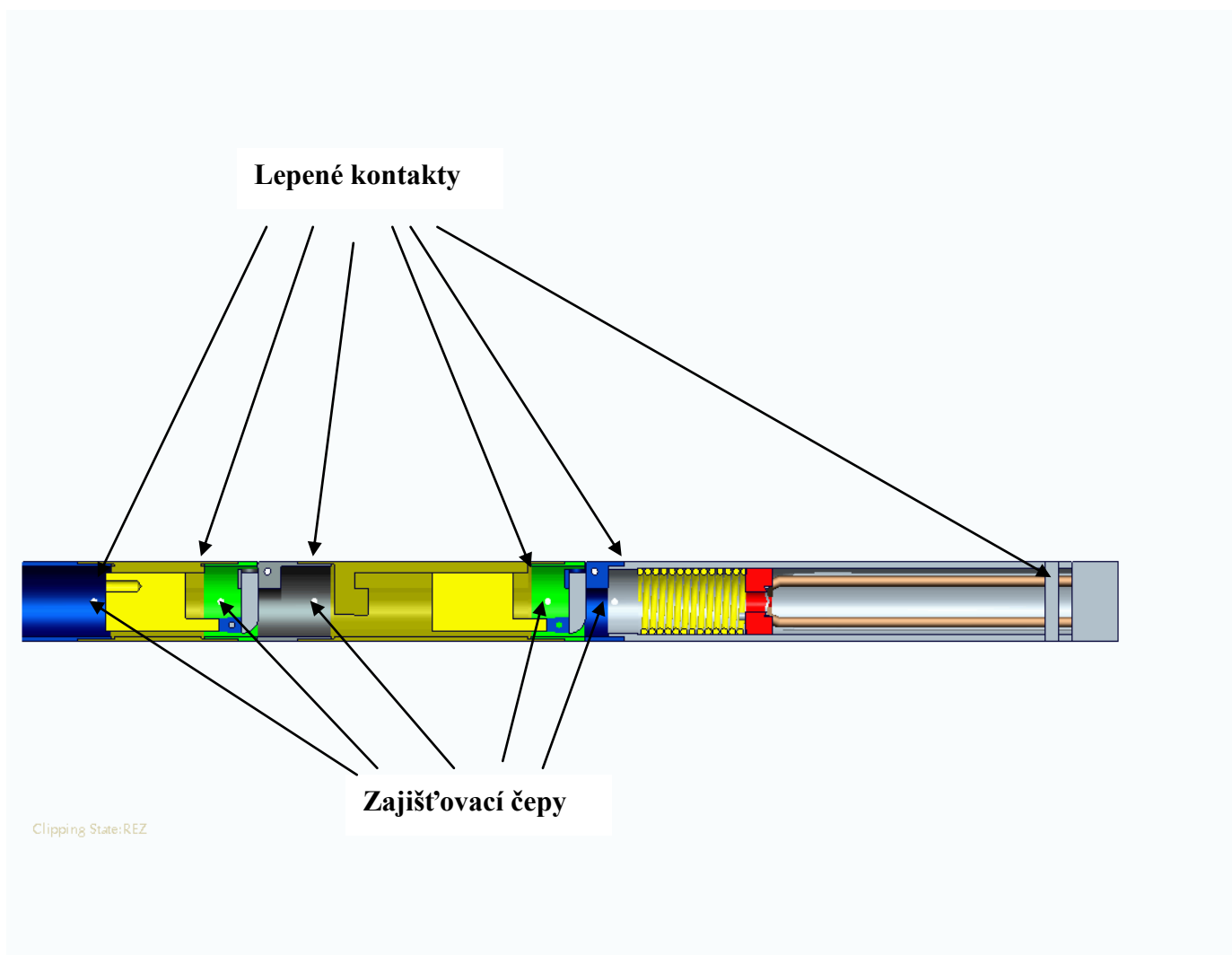


*Obr. 21 Ovládání laparoskopu*

## 9 Montáž

### 9.1 Montáž funkční části laparoskopu

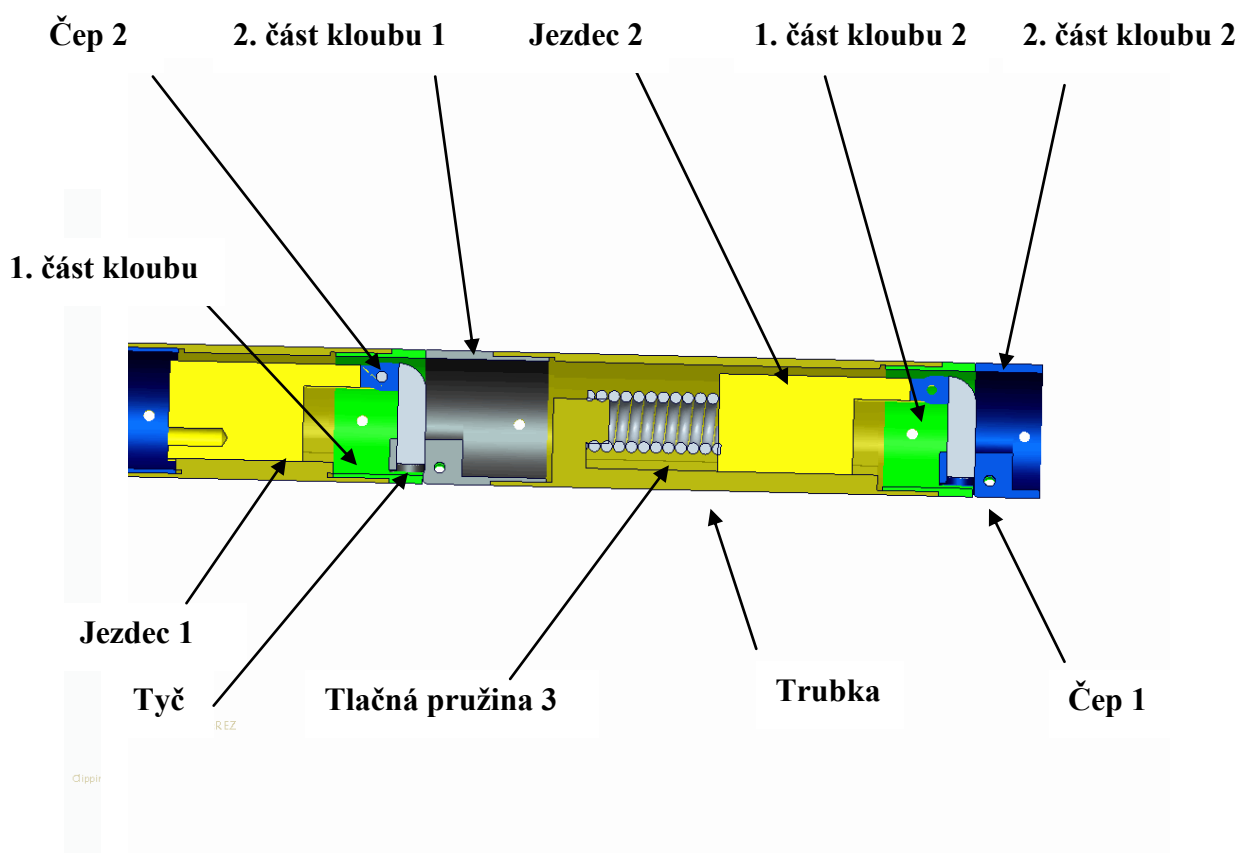
Funkční část se rozumí přímo část, která vstupuje přes trokar do dutiny břišní. Funkční část se skládá z na sobě navzájem poskládaných trubek. Spojení mezi kontaktními plochami trubek bylo vždy prováděno slepenými kontakty na jejich válcových a čelních plochách. K jejich lepšímu zajištění a přesnější poloze je přidán ještě zajišťovací čep.



*Obr. 22 Funkční část lepené kontakty*

## 9.2 Montáž kloubové části

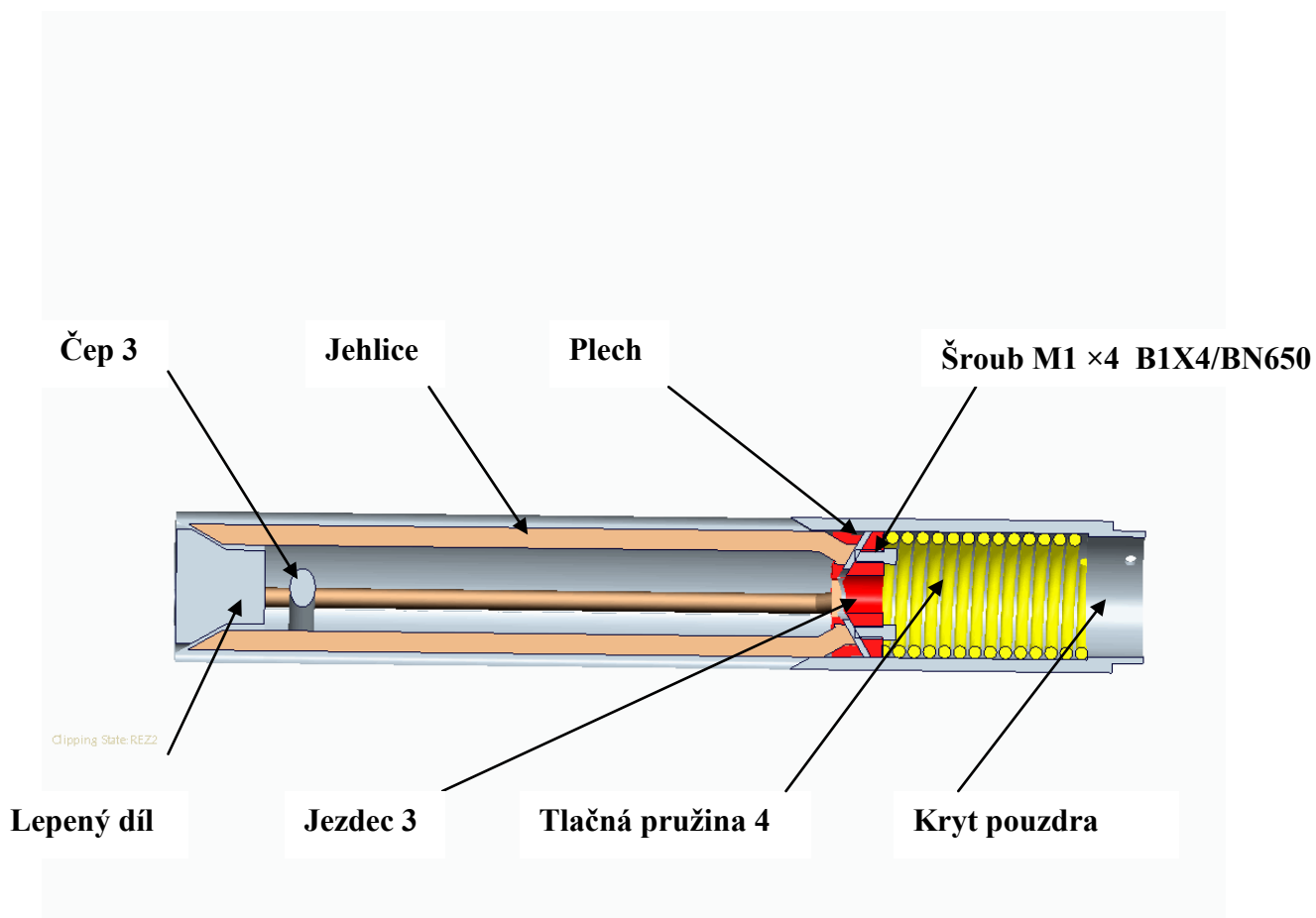
U kloubové části je třeba začít ve spojení tyčí s druhými částmi kloubů. Poté by mělo následovat vložení tlačné pružiny 3 a následovně i zasunutí jezdců do drážek v trubkách. V následujícím kroku by mělo dojít ke spojení 1. a 2. části kloubů užitím čepu 1. Je také důležité aby první a druhý kloub nebyli spojeny dohromady dříve, než li dojde k zavedení čepu 2, jinak by se stala jeho instalace ještě obtížnější.



Obr. 23 Kloubová část v řezu

### 9.3 Montáž Habibového pouzdra

Probíhá nejlépe vůči krytu pouzdra ve vertikální poloze. Dovnitř krytu je vložena tlačná pružina 4. Pokračuje se vložением jezdec 3 s nalepenými plechy a nasazenými jehlicemi. Je třeba dbát na to aby jehlice byli vůči krytu správně orientovány. Nakonec se nasadí čepu 3 a nalepí lepený díl.



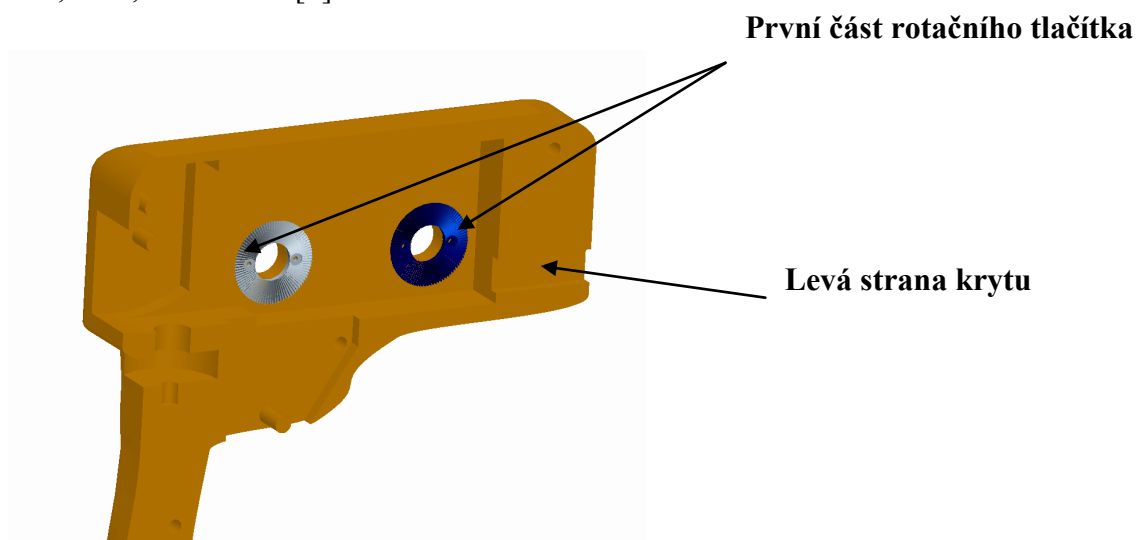
*Obr. 24 Průřez Habibovým pouzdrem*

## 9.4 Montáž joysticku

Kryt joysticku se skládá z dvou dílů, které jsou vzájemně spojeny pěti šrouby M3 ČSN 02 1130[5]

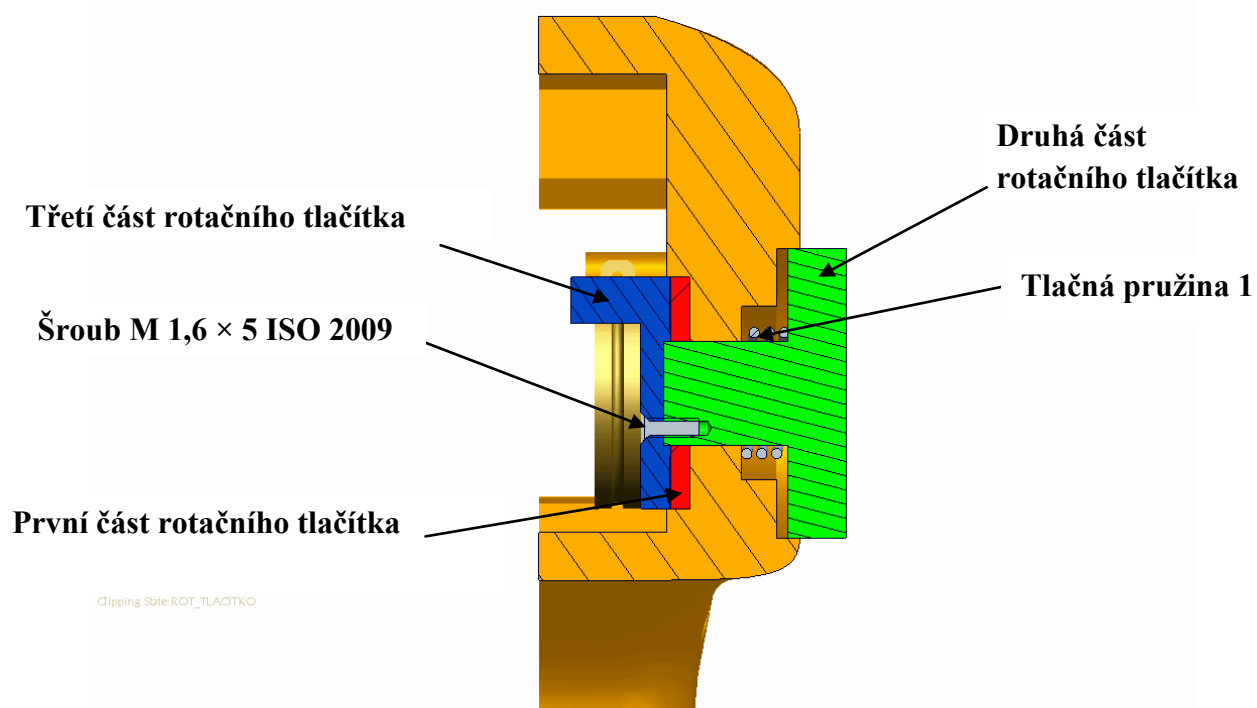
### 9.4.1 Sestavení rotačních tlačítek

Postup je u obou tlačítek analogický. Na levou stranu krytu se přišroubují pomocí šroubů M 1,6 × 2,5 ISO 2009 [5] obě První části rotačního tlačítka



*Obr. 25 Vložení první části rotačního tlačítka do krytu*

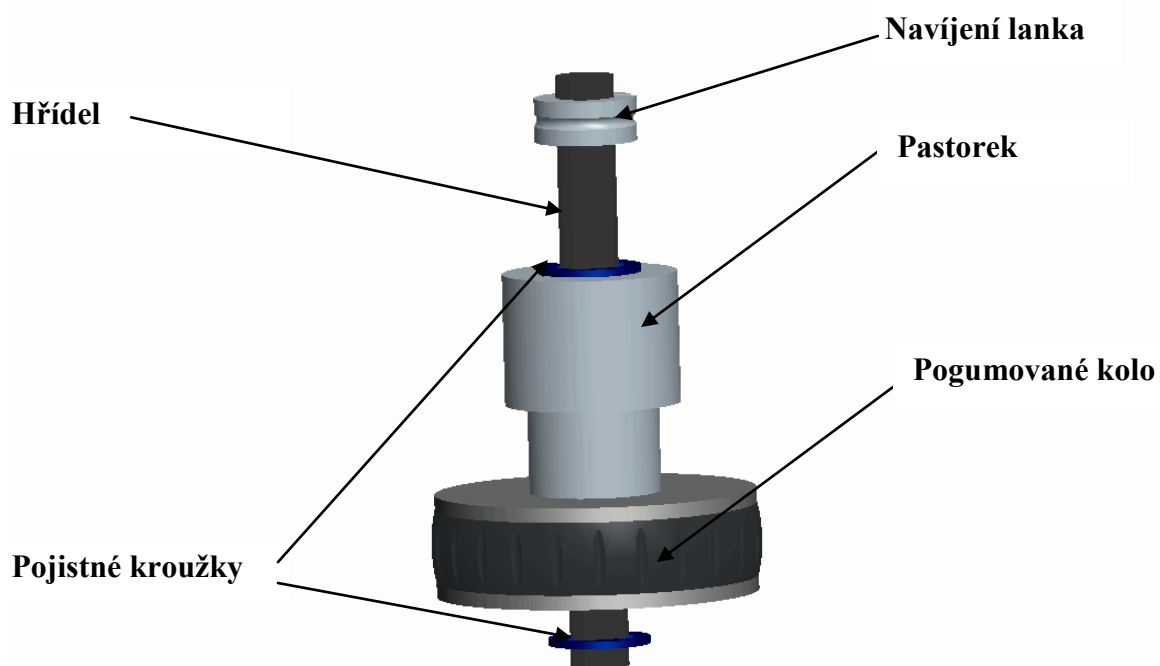
Na druhou část rotačního tlačítka se nasune tlačná pružina 1, a poté se vsune do otvoru v krytu, kde je sešroubována pomocí šroubů M 1,6 × 2,5 ISO 2009 [3] s třetí částí.



*Obr. 26 Sestavení rotačního tlačítka*

#### 9.4.2 Sestavení hřídele

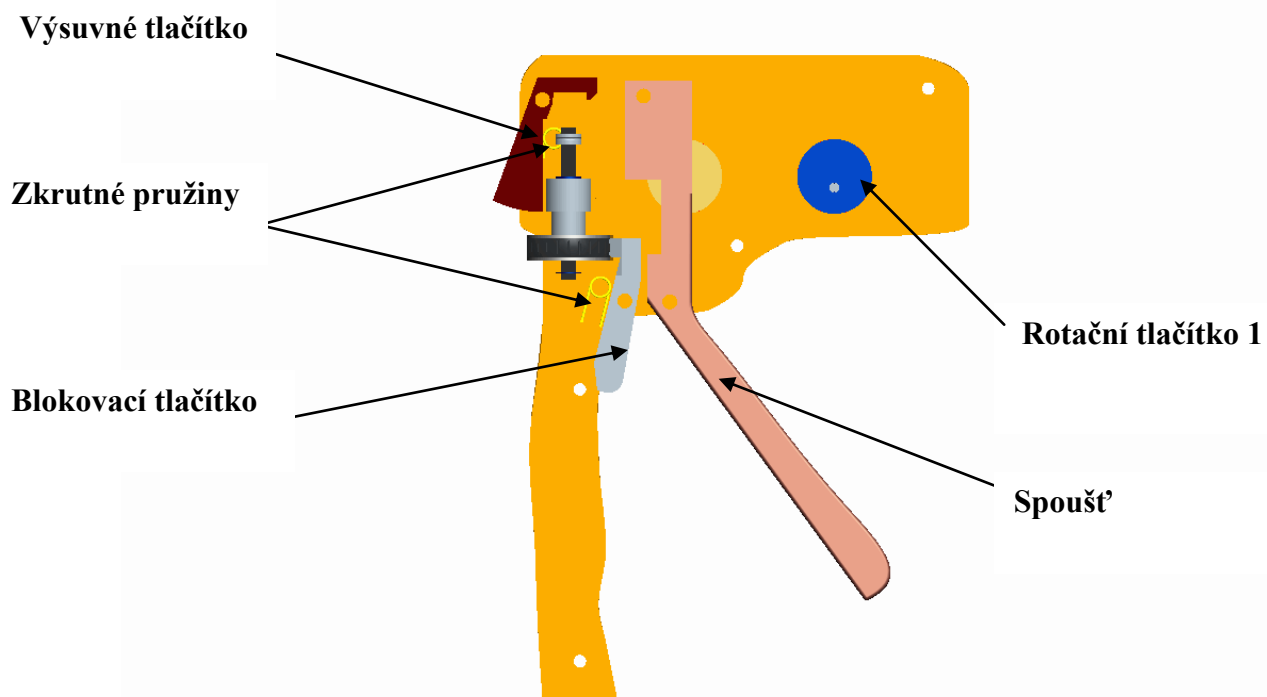
Na hřídel se nasadí pogumované kolečko, navíjení lanka a ozubené kolo, zajistí se pojistnými kroužky a vloží do krytu joysticku.



*Obr. 27 Sestava hřídele*

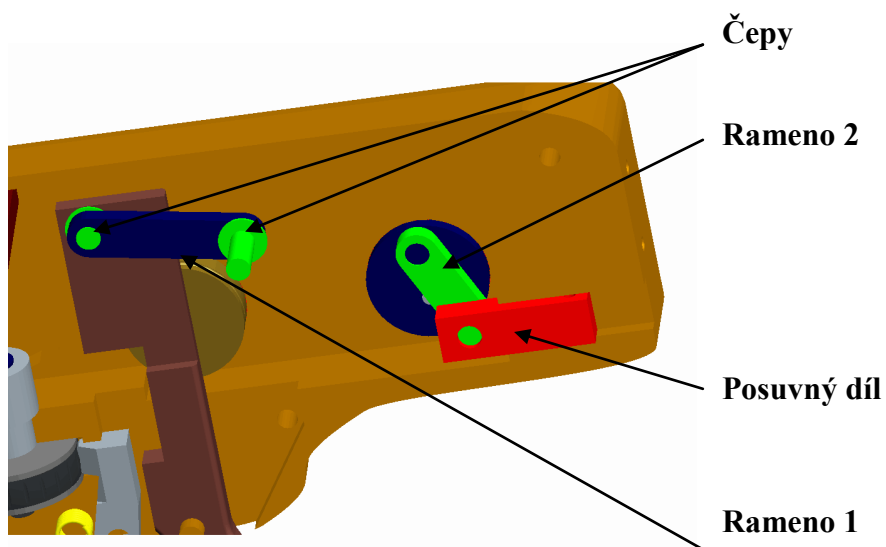
Do tvarových výběžků levého krytu o průměru 4 [mm] jsou nasunuty výsuvné tlačítko, spoušť, blokovací tlačítko a dvě zkrutné pružiny.





Obr. 28 Vložení součásti do krytu

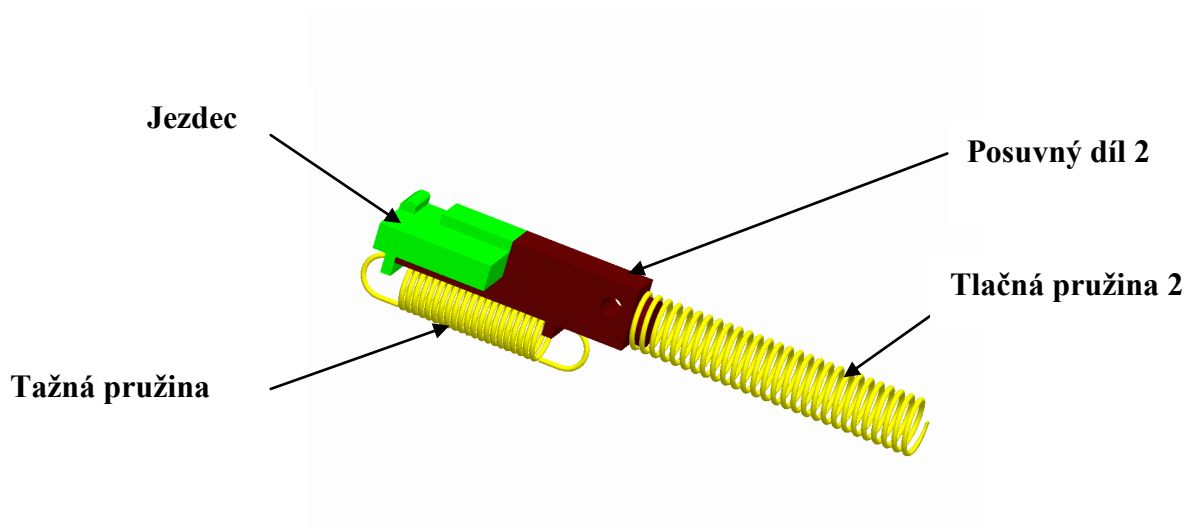
Do otvorů ramena 1 jsou vloženy čepy o průměru 4 [mm], poté je rameno 1 spojeno se spouští. Posuvný díl je spojen pomocí ramena 2 s rotačním tlačítkem.



Obr. 29 Vložení ramen, posuvného dílu a čepů

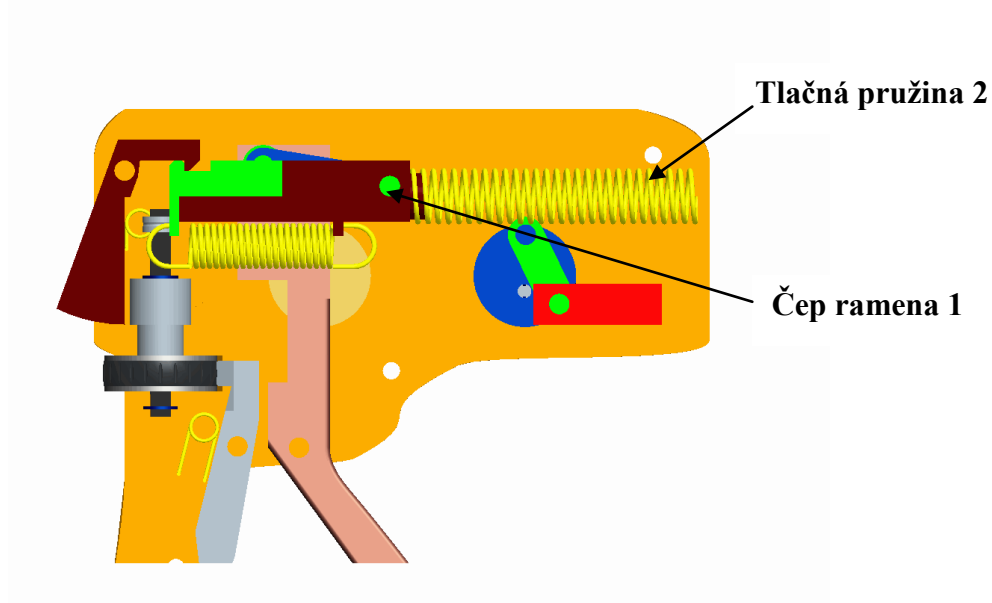
### 9.4.3 Posuvná sestava

Jezdec je nasunut do drážky v posuvném dílu 2, a zároveň je tažná pružina přitahuje oba díly k sobě. K posuvnému dílu 2 je ještě převněna tlačná pružina 2.



Obr. 30 Posuvná sestava

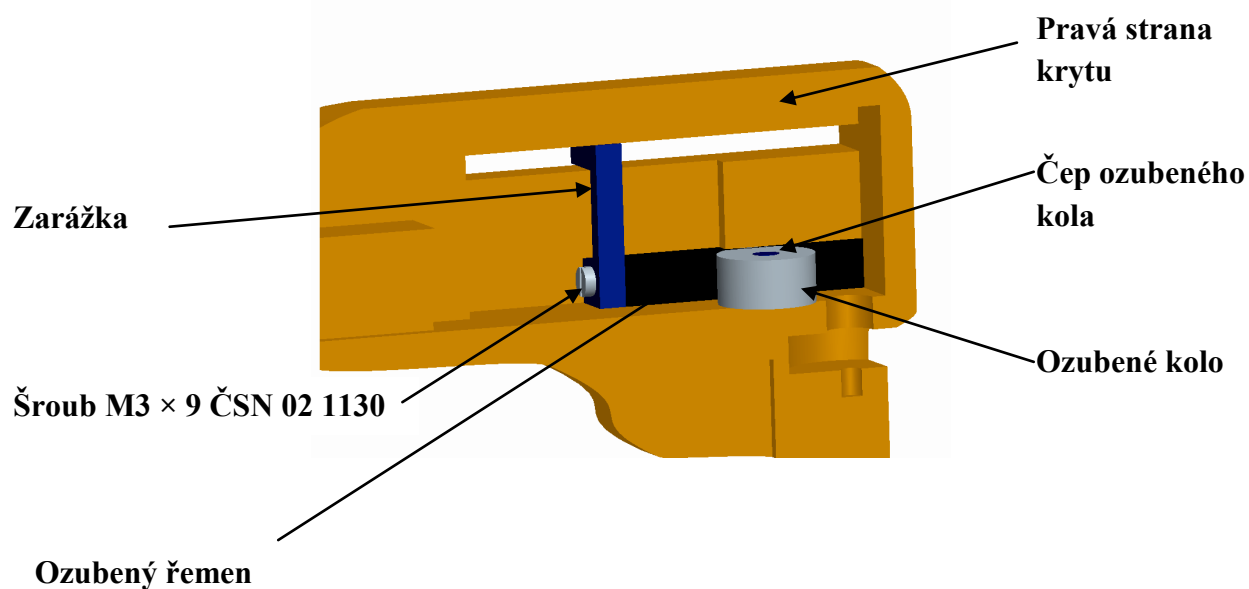
Posuvná sestava je vložena do sestavy pomocí otvoru v posuvném dílu 2 do kterého je zasunut čep ramena 1, zároveň se musí tlačná pružina 2 opírat o stěnu krytu.



Obr. 31 Uložení posuvné sestavy

#### 9.4.4 Pravá strana joystiku

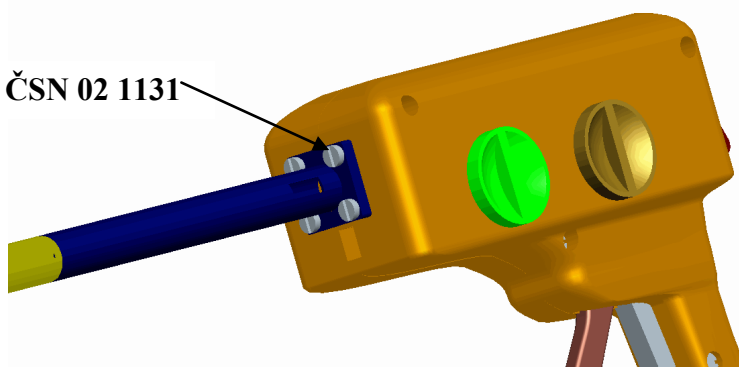
Do příslušející drážky v pravém straně krytu je vsazen ozubený řemen, který je v záběru s ozubeným kolem, jenž je spojeno s krytem pomocí čepu. Zarážka je smontována s ozubeným řemenem pomocí šroubu M3 × 9 ČSN 02 1130[1].



*Obr. 32 Pravá strana joystiku*

Funkční část a joystick je nakonec spojen čtyřmi šrouby ČSN 02 1131 M3×7[5]. Otvor pro kabeláž zároveň slouží ke spojení lan.

Šroub M3 × 7 ČSN 02 1131



*Obr. 33 Složení funkční části a joysticku*

## 10 Diskuze

Po konzultaci s odborníky se zdá odebrání změna z tří kloubové varianty na dvou kloubovou správným rozhodnutím. Konstrukce a mechanické řízení takového laparoskopu by byla finančně i komplexně více náročná. V této variantě byla dodržena podmínka absence elektroniky, ačkoliv při možném navázání se její použití nevylučuje.

Je nesporné, že laparoskopie má řadu výhod. Před použitím této metody je třeba ale zvážit i to, že doba přežití nemocných po RFA je mnohem kratší a lidé po RFA častěji recidivují a to významně. Zatímco u klasických resekcí přežívá pět let 35 % až 40 % pacientů, u RFA destrukcí jen asi 20 % operovaných pacientů. RFA sonda se při resekcích využívá jen u třetiny případů tam, kde jde o menší a spíše periferně lokalizované ložisko.[8]

Mezi nejčastější komplikace přímo související s RFA patří krvácení do oblasti destruovaného tumoru, jaterní absces, nekróza či popálení okolních orgánů (bránice, žaludek, tlusté střevo). Komplikace nepřesahují 10 %

Dalším aspektem ke zvážení bude také cena, která se i snahou celkové náklady snížit může stát nepřijatelná. Důvodem je i to že nástroj je použit jen pouze jednou. Snaha využitelnosti nástroje vícrát by se mohla paradoxně ještě více prodrazdit.

## 11 Závěr

Na základě požadavkového listu byly zpracovány tři varianty řešení, z nichž byla pomocí hodnotové analýzy vybrána optimální varianta. Jež byla dále dopracována do konečné podoby. Na základě návrhu byla vypracována technická zpráva s potřebnými výpočty. Pro snížení ceny jsou tvarově složité součásti jako je kryt navrženy pro výrobu na 3D tiskárně. Součástí práce je kompletní a podrobný 3D model vytvořen v programu Pro/ENGINEER wildfire 5.0. Byla zhotovena výkresová dokumentace v programu AutoCad 2011. Namáhané součásti efektoru byly pevnostně zkontrolovány. Konečný návrh laparoskopu je pouze se dvěma klouby a výsuvnými jehly. Oba klouby jsou schopny se natočit o 60 stupňů. Jehlice jsou schopny se vysunout až na 40 milimetrů. Nevýhodou by mohlo být nebezpečí zkratu v netěsnícím pouzdře Habibovy sondy.

### **Poděkování**

Rád bych touto cestou poděkoval Ing. Ladislavovi Kárníkovi, Csc. za odborné konzultace a pomoc při zpracovávání bakalářské práce.

V Košeticích 12. 5. 2011

.....

## 12 Seznam použité literatury

- [1] KÁRNÍK, L. *Servisní roboty*. VŠB – TU Ostrava, 2004. 144s. ISBN 80-248-0626-6.
- [2] MENZEL, P. –D' ALUSIO, F. *Robo sapiens: evolution of new species*. USA, New York, 2000. 239 p. ISBN 0-262-13382-2.
- [3] SKAŘUPA, J. *Metodika konstruování*. Ostrava, 1993, 1. Vydání. 158s. ISBN 80-7078-167-X.
- [4] SKAŘUPA, J. & MOSTÝN. V. *Metody a prostředky návrhu průmyslových a servisních robotů konstruování*. 1. vydání 2002 Košice: VIENALA, 2002, 190 s. ISBN 80-88922-55-0.
- [5] LEINVEBER, J. – VÁVRA, P. *Strojnické tabulky*. 3. Vydání. Praha: Albra, 2006, 903s. ISBN 80-7078-204-5.
- [6] Jořenek J, Návrh a pevnostní kontrola vybraných částí mechanismu radiofrekvenčního operačního nástroje. Ostrava, 2010 59 s. Bakalářská práce na Strojní Fakultě *Vysoké školy báňské - Technické univerzity Ostrava* na katedře Aplikované Mechaniky.
- [7] WOOD, T.F. et al.: Radiofrequency ablation of 231 unresectable hepatic tumors: indications, limitations and complications. *Ann. Surg. Oncol.*, 7, 2000: 593 - 600

### Internetové zdroje:

- [8] [kritika RFA]Nemocnice Jablonec nad Nisou [cit. 2011 – 05 – 10]  
<http://www.nemjbc.cz/cs/o-nas/napsali-o-nas/odstraneni-nadoru-z-ledvin.html>
- [9] [vývoj-laparoskopie-v-chirurgii-jater]. Zdravotnické noviny [cit. 2011 – 05 – 10]  
<http://www.zdn.cz/clanek/postgradualni-medicina/vyvoj-laparoskopie-v-chirurgii-jater-447576>
- [10] [Síla stisku ruky]. MUDr. Zbyněk Mlčoch [cit. 2011 – 05 – 10]  
[http://www.zbynekmlcoch.cz/info/ostatni\\_obory/cisla\\_v\\_medicine\\_zrak\\_sluch\\_kosti\\_svaly\\_mozek\\_kuze\\_traveni\\_vylucovani.html](http://www.zbynekmlcoch.cz/info/ostatni_obory/cisla_v_medicine_zrak_sluch_kosti_svaly_mozek_kuze_traveni_vylucovani.html)

- [11] [Šrouby]. TME Czech Republic s.r.o. [cit. 2011 – 05 – 10]  
[http://www.tme.eu/cz/katalog/srouby\\_100316/#id\\_category%3D100316%26](http://www.tme.eu/cz/katalog/srouby_100316/#id_category%3D100316%26)
- [12] [Síla stisku ruky]. UK Praha [cit. 2011 – 05 – 10]  
[http://kdf.mff.cuni.cz/veletrh/sbornik/Veletrh\\_10/10\\_03\\_Trna.html](http://kdf.mff.cuni.cz/veletrh/sbornik/Veletrh_10/10_03_Trna.html)
- [13] [Ozubené převody] TEA technik [cit. 2011 – 05 – 10]  
<http://www.teatechnik.cz/download.php?file=doc/katalogy/prevody.pdf>
- [14] [Příklady laparoskopických konstrukcí] [cit. 2011 – 05 – 10]  
<http://www.freepatentsonline.com/ACC-606-206.html>
- [15] [Habib 4X]. [cit. 2011 – 05 – 10]  
<http://www.angiodynamics.com/products/habib-4x>
- [16] [Talon] [cit. 2011 – 05 – 10]  
<http://www.bilddiagnostik.de/pdf/Elektrosonda%20RFA.pdf>
- [17] [studie rfa] [cit. 2011 – 05 – 10]  
<http://www.hpb.cz/index.php?pId=02-2-3-08>



## **13 Seznam příloh**

### **13.1 Kontrolní výpočty**

- [1] Kontrola čepů.
- [2] Kontrola kompenzace lan

### **13.2 Výkresová dokumentace**

- [3] Sestavný výkres Laparoskopu BC\_LA\_KAN333\_S.DWG.
- [4] Výkres 1 kloubové části 1 BC\_1K1\_KAN333\_V.DWG.
- [5] Výkres 2 kloubové části 1 BC\_2K1\_KAN333\_V.DWG.
- [6] Výkres 1 kloubové části 2 BC\_1K2\_KAN333\_V.DWG.
- [7] Výkres 2 kloubové části 1 BC\_2K2\_KAN333\_V.DWG.

### **13.3 V elektronické podobě**

- [8] 3D model efektoru laparoskop.ASM
- [9] Výkresová dokumentace.
- [10] Výpočty a průběhy.xls